HALIOTIS

VOL. 15

1986



issn 0397.765 x

SOCIETE FRANÇAISE DE MALACOLOGIE

SOCIETE FRANÇAISE DE MALACOLOGIE

fondée en 1969

SIEGE SOCIAL : 55, rue de Buffon, 75005 PARIS - Tél. (1) 43.31.38.95

La Société Française de Malacologie a été fondée le 29 janvier 1969. Elle a pour but d'encourager, de développer toute étude concernant les Mollusques actuels et fossiles, de faciliter les relations entre les malacologistes et de les documenter sur les recherches en cours dans les différents laboratoires de France ou d'autres pays. L'association est dirigée par un Conseil d'Administration de douze membres élus pour trois années par l'Assemblée Générale ordinaire.

Les demandes d'adhésion sont ratifiées par le Conseil d'Administration; aucune condition particulière n'est exigée pour être membre, personne physique ou personne morale. Le montant annuel de la cotisation est de 80 Frs pour les personnes physiques (non étudiants), 50 Frs pour les étudiants, 110 Frs pour les personnes morales (Laboratoire, Bibliothèque, Librairies, Sociétés...). Les demandes des anciens numéros d'Haliotis sont fixées à 100 Frs.

Chaque membre de la Société reçoit : 1°) la revue "HALIOTIS" (1 volume de 1 ou 2 numéros, séparés ou reliés, par an). 2°) des circulaires d'information. 3°) des circulaires bibliographiques (travaux malacologiques reçus au Siège Social de la S.F.M.

Toute demande d'adhésion ou de renseignements doit être adressée au Secrétariat de la Société.

Directeur de la publication : J.M. DEWARUMEZ - Président de la S.F.M.
Gérants du volume : Claude POIZAT et Nardo VICENTE.

Imprimé à Marseille
Faculté des Sciences et Techniques
St-Jérôme - 13013 Marseille

Dépôt légal : 3ème Trimestre 1986

Maquette : Bruno YVRANDE
Ecole Régionale des Beaux Arts de Rennes - Section Environnement.





VI[ème] CONGRES
DE LA SOCIETE FRANÇAISE
DE MALACOLOGIE
ET
COLLOQUE
"CONTAMINATION, INTOXICATION ET PERTURBATION DES MOLLUSQUES MARINS"

WIMEREUX, 4 - 8 novembre 1985



COMITE D'HONNEUR

Jean-Pierre CHEVENEMENT
Ministre de l'Education Nationale

Guy LENGAGNE
Secrétaire d'Etat à la Mer

Jean CORTOIS
Président de l'Université des Sciences et Techniques
de Lille - Flandres - Artois

Yves SILLARD
Président Directeur Général de l'Institut Français
pour la Recherche et l'Exploitation de la Mer

Serge FRONTIER
Directeur de la Station Marine de Wimereux

COMITE D'ORGANISATION

Jean-Marie DEWARUMEZ
Président de la S.F.M.

Alain RICHARD
Professeur à l'Université des Sciences et Techniques
de Lille - Flandres - Artois

Mireille PANNIER
Secrétaire de la Station Marine de Wimereux

Catherine DEWARUMEZ
Secrétariat

PATRONAGES

Conseil Général du Pas de Calais
Conseil Régional Nord - Pas de Calais
Crédit Maritime de Boulogne-sur-Mer
Espace Naturel Régional
Institut Français pour la Recherche
et l'Exploitation de la Mer
Ministère de l'Education Nationale (D.C.R.I.)
Secrétariat d'Etat à la Mer (F.I.A.M.)
Université des Sciences et Techniques
de Lille - Flandres - Artois
Ville de Boulogne-sur-Mer
Ville de Wimereux

---oOOo---

S O M M A I R E

****

VIème CONGRES DE LA SOCIETE FRANCAISE DE MALACOLOGIE

****

THEME I : "ECOLOGIE"

Président de Séance : Professeur J. TARDY

****

THEME II "ECOLOGIE - DYNAMIQUE DE POPULATIONS"

Président de séance : Professeur A. RICHARD

****

THEME III "CROISSANCE"

Président de Séance : Professeur J. DAGUZAN

****

THEME IV "ELEVAGE - AQUACULTURE"

Président de Séance : M. HERAL

****

THEME V "PHYSIOLOGIE - BIOCHIMIE"

Président : P. SAUTIERE

****

C O L L O Q U E

"CONTAMINATION, INTOXICATION et PERTURBATIONS DES MOLLUSQUES MARINS"

****

TABLE RONDE SUR LA POLLUTION DES MOLLUSQUES MARINS

****

POSTERS

****

****

Adresse de Monsieur le Professeur S. FRONTIER
Directeur de la Station Marine de Wimereux

Monsieur le Vice-Président du Conseil Régional,
Monsieur le Maire de Wimereux,
Monsieur le Président de la Société Française de Malacologie.

Mesdames et Messieurs,

C'est au nom de l'Université des Sciences et Techniques de Lille que je vous souhaite la bienvenue à Wimereux pour ce 6ème Congrès de la Société Française de Malacologie. Et je remercie Monsieur le Maire de Wimereux d'avoir mis à votre disposition ces locaux, à une date où les travaux d'agrandissement et de reconstruction des locaux nous empêchent encore d'accueillir un congrès.

Ce n'est pas une assemblée comme la vôtre que je dois convaincre de l'importance, aujourd'hui, de la malacologie dans la connaissance et la gestion de l'écosystème marin. La collection de coquillages est bien loin, les Mollusques sont aujourd'hui étudiés car ils constituent un élément fondamental de l'écosystème marin, particulièrement de l'écosystème néritique et littoral, à la fois par la biomasse et diversité spécifique qu'ils représentent, et par les nombreux rôles qu'ils y jouent :

rôle dans

- la colonisation des substrats durs et sédimentaires dans la fixation du sédiment,
- la filtration de l'eau et le prélèvement des particules en suspension, vivantes ou non,
- l'alimentation fournie d'autres organismes (poissons, crustacés ...) tant sous leur forme adulte benthique que sous leur forme larvaire planctonique, puisque les populations de Mollusques déversent chaque année dans le plancton des milliers de tonnes de larves dont la plupart seront consommées, une très petite fraction seulement étant nécessaire au renouvellement des stocks.
- rôle enfin dans les transferts et l'accumulation des substances polluantes, dans l'épuration de l'eau de mer par leurs mécanismes de filtration et par leurs mécanismes d'accumulation de substances, en particulier de métaux tels que le cuivre, etc ...

Les Mollusques posent aujourd'hui de nombreux problèmes scientifiques relatifs au fonctionnement des populations vivantes, et à leur insertion dans l'écosystème : problèmes de dynamique de populations, de compétition entre espèces, de renouvellement des stocks (c'est-à-dire de recrutement), de variations à long terme en relation avec les variations

à long terme de l'environnement. Ils posent de plus des problèmes de biologie fondamentale comme modèles d'étude de divers mécanismes biologiques et écologiques.

Enfin les Mollusques interviennent dans la gestion des ressources vivantes par l'homme, en raison du nombre d'espèces directement consommées par lui, et pour lesquels des connaissances de bases écologiques et biologiques sont nécessaires comme pour toute gestion rationnelle d'une ressource naturelle. Il ne faut pas non plus oublier les problèmes d'aquaculture.

Par ailleurs, je suis heureux de l'existence d'un tel Congrès, au moment où la Station Marine de Wimereux, parallèlement à son agrandissement, subit un changement de politique scientifique. En effet, par volonté nationale, notre Station va désormais s'inclure dans le réseau des Stations Marines françaises en devenant laboratoire associé du récent INSU (Institut National des Sciences de l'Univers), pour devenir progressivement un des Observatoire de la Mer sur lequel la recherche nationale aura à s'appuyer.

L'aspect régional, quant à lui, ne sera que renforcé par cette insertion nationale et internationale, puisqu'aujourd'hui, qui dit recherche nationale dit recherche internationale, notre Conseil Régional en est bien convaincu, puisqu'il est promoteur de récents contacts avec l'Université de Maryland sur des questions d'aménagement intégré du littoral.

Je rappellerai qu'une des priorités affichées par notre Exécutif Régional est une étude scientifique intégrée du littoral, réalisée dans le cadre d'une Convention avec l'IFREMER à laquelle participent l'Université de Lille I, l'Institut Pasteur de Lille et d'autres organismes. Il n'est pas inutile de rappeler ici que la Réagion Nord - Pas-de-Calais finance exactement 50 % de l'agrandissement en cours de la Station Marine.

La Station Marine de Wimereux est ainsi amenée à devenir un interface extrême fécond entre recherche régionale et recherche nationale. A ce titre, des faits régionaux ont déjà été dégagés pour être l'objet d'une investigation scientifique. D'ores et déjà nous avons affiché, dans nos persceptives scientifiques, des recherches concernant la dynamique et la biologie des communautés à *Abra alba* qui peuplent les fonds envasés entre Boulogne et Dunkerque. Les problèmes liés à la mytiliculture, et plus généralement à l'écologie et la biologie des bancs de moules, sont également à l'ordre du jour.

Je souhaite, en tant que responsable actuelle de cette orientation scientifique de la Station Marine de Wimereux, que ce Congrès de Malacologie soit non seulement l'occasion, pour tant de spécialistes réunis, de confronter leurs connaissances et leurs expériences, mais qu'il soit aussi pour eux une occasion de faire connaissance avec notre Littoral Nord Pas-de-Calais, au point d'envisager des collaborations scientifiques ultérieures. Les problèmes malacologiques n'y manquent pas, et leur insertion dans une problématique intégrée de l'écosystème marin et dans la gestion du littoral, leur donne un caractère particulièrement passionnant.

Je terminerai en renouvellant mes voeux de bienvenue, et en souhaitant à cette session toute l'efficacité qu'il est permis d'attendre d'un groupe de travail si motivé et si dynamique.

******

Adresse de Monsieur Christian LEFEBVRE

Vice-Président du Conseil Régional Nord/Pas de Calais

Adjoint à la Culture de la Mairie de Boulogne-sur-Mer

Monsieur le Maire,

Monsieur le Président,

Monsieur le Professeur,

Je vous apporte le salut amical de M. Noël Josephe ainsi que celui de M. Guy Lengagne Secrétaire d'Etat à la Mer.

Sur cette Côte d'Opale, l'importance de la Malacologie est :

- d'une part économique avec ses sites d'exploitation des mollusques,
- d'autre part il n'est pas de région dynamique comme la région Nord/Pas de Calais qui ne consacre une place importante à la recherche.

Si notre région veut repartir d'un bon pied il faut y constituer des pôles de recherche en relation avec d'autres centres, régionaux, nationaux, internationaux.

L'Etat et la Région ont conçu un accord de plan et apportent chacun des financements. La Région est consciente que le littoral est une charge pour la Région :

- débouché naturel sur l'extérieur,
- attraction touristique,
- ressources marines vivantes importantes avec les mollusques et la pêche qui est primordiale.

L'Espace Naturel Régional gère le patrimoine écologique. Mais ceci nécessite une bonne connaissance du milieu et des organismes vivants ce qui est le sujet de vos travaux, je souhaite qu'ils intéressent la Région en ce qui concerne :

- l'aménagement,
- la pollution,
- le disfonctionnement des écosystèmes.

La Loi Littoral responsabilise les Régions au sujet :

- de l'activité industrielle,
- de l'élevage,
- de la protrection du milieu naturel.

Il sera bon que ceux qui en ont la responsabilité connaissent les réalités écologiques.

En conclusion, je pense qu'il ne pouvait avoir de meilleur endroit pour ce colloque de Malacologie qu'en cette commune en pleine renaissance, proche de Boulogne et se félicite d'avoir deux organismes de recherches proches l'un de l'autre :

- IFREMER (fusion du CNEXO et ISTPM)
- la Station Marine de Wimereux.

La Région tient à ce que des collaborations s'installent entre eux.

Je termine en souhaitant que vos travaux soient fructueux et que leurs conclusions aident les décideurs de la Région à tenir compte des réalités écologiques.

******

Adresse du Docteur J. BRESSON

Maire de Wimereux

Monsieur le Président,

Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs,

Vous avez choisi notre ville pour vous rassembler en votre Congrès annuel, et vous avez souhaité que son Maire assiste à vos travaux et vous dise quelques mots.

Mes premières phrases seront des paroles, à la fois de bienvenue et de remerciements, car votre venue honore notre ville qui s'est efforcée de vous donner, dans la mesure de ses moyens, les meilleures possibilités de travail et de réflexion. Je le ferai, si vous le permettez, à titre personnel et en tant que Maire de cette ville.

En tant qu'homme, je tiens à vous dire, Mesdames et Messieurs, que la Malacologie est une discipline qui, il y a quelque 30 ans, alors que sa définition nosologique n'existait pas encore, m'intéressait. Je me souviens de mes recherches de limnées et de planorbes dans les mares de Saint Cyr l'Ecole, que j'apportais au professeur Raoul Michel MAY, et dont nous disséquions les foies à la recherche de rédies ou de cercaires. Votre Congrès m'aura permis d'évoquer, non seulement ce retour en arrière, mais surtout de rappeler le nom d'un grand biologiste, contemporain de ROSTAND.

En tant que Maire de WIMEREUX, vous me permettrez, Mesdames, Messieurs, d'apporter une note plus générale. WIMEREUX est l'une des 898 communes du Département du Pas-de-Calais qui avec ses plus de 6.000 km² de superficie, ses 1.430.000 habitants, n'est pas un noir et plat pays comme on le pense encore beaucoup trop.

C'est au contraire, un pays vert, souvent accidenté, où dominent les bois et les paturages cloisonnés de haies vives, qui compte à son Nord-Ouest 110 km de côtes.

Ancrée au fond de la baie de Saint-Jean, de part et d'autre du fleuve côtier qui lui a donné son nom, la ville de Wimereux, Commune du site des 2 Caps, dont elle souligne la limite sud, est une station balnéaire climatique, classée, en pleine mutation de par la signature d'un contrat de valorisation entre l'Etat, la Région et la Commune.

A droite de la Manche, de la Pointe de la Crèche jusqu'au Cap Gris Nez, où la côte étire ses falaises, découpées de petites baies et parsemées de massifs dunaires, l'on découvre l'une des plus admirables vues du littoral, avec en toile de fond, par temps clair, les murailles blanches des côtes anglaises.

Bien que relativement jeune, puisque créée en 1899, la ville de WIMEREUX est dotée d'un patrimoine naturel, touristique, et d'un patrimoine archéologique, historique, scientifique et intellectuel.

WIMEREUX ayant été à l'avant-garde de la recherche dans le domaine de la Zoologie Maritime, qu'il me soit permis, à l'occasion de ce colloque, d'évoquer le souvenir du professeur Alfred GIARD.

C'est en 1874 que le professeur Alfred GIARD créa la première station zoologique, dans une modeste villa, nommée "Napoléonnette", à l'embouchure du Wimereux, non loin d'ici.

Convaincu, que l'enseignement des sciences, pour être fructueux, devait avoir un caractère essentiellement pratique, et en renouvelant ainsi la méthode des Péripatéticiens, il s'est astreint à travailler le plus possible au milieu de ses élèves et à diriger leurs essais.

C'est ainsi que le professeur GIARD a pu obtenir dans un simple verre de montre tout le développement du turbot et celui de la sole, qui ont été si difficile à reproduire ensuite, malgré des installations perfectionnées.

Au laboratoire primitif, succéda en 1899, grâce à un riche boulonnais, Monsieur Maurice LONQUETY, une installation vaste et claire à la Pointe aux Oies. On y étudiait le soir, au microscope les spécimens de la faune et de la flore du pays, recueillis dans la journée au pied du fort de Croy et sur le rivage jusqu'aux rochers du Gris Nez.

Ce laboratoire fonctionna, sous la direction de Monsieur le Professeur CEPEDE, jusqu'à la dernière guerre avant d'être détruit durant les hostilités.

En 1958, s'est édifiée, à WIMEREUX, la station zoologique maritime, devenue depuis peu station marine et dans laquelle vous aurez à travailler.

Après cette esquisse sur les origines des recherches de biologie maritime à WIMEREUX il ne m'appartient pas d'entrer plus avant dans ce vaste domaine bien spécialisé, que constitue cette discipline de la biologie marine la votre.

Néanmoins, je me dois de souligner que l'administration municipale est sensibilisée par tous les problèmes de la mer qui nous coûtent fort cher parfois.

Je terminerai là mon propos et dans cette ambiance spécifique je veux, au nom du conseil municipal, me réjouir du succès que promet votre congrès.

******

Adresse de Jean-Marie DEWARUMEZ

Président de la Société Française de Malacologie

Monsieur le Maire,
Messieurs les Présidents,
Chers Collègues et chers amis,

J'ai l'honneur en tant que Président de la Société Française de Malacologie d'ouvrir ici, à Wimereux, le 6ème Congrès de notre Société.

Qu'il me soit permis de vous souhaiter à tous la bienvenue et de vous remercier d'être venus si haut en latitude. Mais je vous préviens tout de suite, ici dans le Nord - Pas de Calais ce n'est pas le grand Nord ! Pour le soleil de minuit, il faut encore monter! les Ch'timis sont chauvins parait-il, aussi j'espère que vous repartirez enchantés de votre séjour.

Le grand regret que j'éprouve c'est de ne pouvoir vous recevoir à la Station Marine, bien que cette salle des fêtes de Wimereux se prête admirablement à nos manifestations. J'en profite d'ailleurs pour remercier la ville de Wimereux de nous l'avoir accordée. Je pense que certains d'entre vous ont déjà pu remarquer que tout accueil à la Station Marine est malheureusement impossible.

Quelques uns de nos collègues qui ne manquent pas une de nos manifestations n'ont pu venir cette année pour des questions d'enseignement ou du fait des responsabilités qu'ils ont au sein des organismes de recherche. D'autres ont du choisir entre notre Congrès et le Colloque sur les sources hydrothermales qu'organise l'IFREMER. Je transmet ici le message de Monsieur LAUBIER, Haut Conseiller Scientifique d'IFREMER qui m'a fait part de ses regrets de ne pouvoir se joindre à nous.

La Société Française de Malacologie a maintenant 17 ans. Le bel âge et bientôt la majorité ! Je dois vous faire part ici des regrets de deux membres qui ont beaucoup fait pour la naissance de la S.F.M., je veux parler des Professeurs LUBET et LUCAS mais saluons la présence d'un autre des pères de la S.F.M., notre ami le Professeur TARDY.

Je transmets également les excuses de celui qui a organisé le 5ème Congrès à l'Ile des Embiez et qui n'arrivera que demain, je veux parler de mon ami le Professeur Nardo VICENTE.

Mais aussi je vois que notre Société, forte de ses 350 membres, compte beaucoup de jeunes chercheurs qui se sont déplacés et leur présence , gage de la vitalité de la malacologie, ne peut que nous réconforter.

Je saluerai la présence de nos amis belges, britanniques et italiens qui ont répondu à notre appel.

Avec ses 75 inscrits, ses 38 communications et ses 10 posters cette semaine scientifique aura belle allure, nous aurons à la fois la quantité et j'en suis certain la qualité.

Le Congrès proprement dit se déroulera pendant les 3 premières journées. Les communications sont variées et portent sur de nombreux aspects de la Malacologie tant fondamentale qu'appliquée aussi bien dans le domaine marin que continental.

Les présentations sont regroupées en 5 thèmes :
Thème 1 : Ecologie - Biogéographie,
Thème 2 : Dynamique des populations,
Thème 3 : Croissance - cycles biologiques,
Thème 4 : Elevage - aquaculture,
Thème 5 : Physiologie - Biochimie.

De plus, une session "Posters" sera organisée mardi après-midi pendant laquelle chacun des auteurs pourra répondre aux questions que leurs posters ne manqueront pas de susciter.

La soirée de mardi sera consacrée à la présentation du Centre National de la Mer à Boulogne-sur-Mer dont la construction va commencer incessamment.

Mercredi après-midi, après les communications, nous irons visiter la Station Marine sous la direction de Monsieur René GLAÇON. Vous pourrez ainsi découvrir ce que sera notre laboratoire au printemps prochain.

La soirée du mercredi 6, quant à elle, sera consacrée à une conférence donnée par Philippe BOUCHET sur les mollusques des sources hydrothermales, sujet d'actualité s'il en est.

Le Colloque "Ecotoxicologie et pollution des mollusques marins" se déroulera vendredi.

Nous regrettons que les collègues spécialistes des problèmes d'écotoxicologie et pollution des mollusques continentaux n'aient pas répondu présent à notre premier appel. Le site de Wimereux a certainement davantage inspiré nos collègues marins.

Une table ronde qui devrait nous permettre de faire le point sur nos travaux et sur des voies possibles de développement de cet aspect de la malacologie, clôturera nos réunions de travail.

Mais rassurez-vous le travail ne sera pas la seule occupation durant cette semaine.

Si la fraîcheur de saison ne vous incitera certainement pas à la baignade, vous pourrez au moins profiter de la beauté des paysages du Boulonnais, et notamment jeudi, jour consacré à une excursion, prise en charge par l'Espace Naturel Régional, qui nous emmènera au sud en Baie de Canche puis au nord vers les Caps Gris-Nez et Blanc-Nez pour aller ensuite

faire un petit tour dans l'Audomarois.

Jeudi soir, après l'excursion, nous assisterons à Boulogne-sur-Mer à un concert de musique de chambre donné par le Quatuor SEPTENTRION et Monsieur Georges THIERRY, tous musiciens de l'Orchestre National de Lille.

Vous savez qu'il n'est pas de Congrès sans libations diverses et variées, ainsi sommes nous invités le mardi 5 novembre par la Municipalité de Boulogne-sur-Mer à 11 h 30 et le mercredi 6 à 18 h par la Municipalité de Wimereux. Le banquet de clôture aura lieu le vendredi 8 à 20 h 30 à l'hôtel Paul et Virginie.

Je ne voudrais pas terminer mon intervention sans remercier tous ceux qui m'ont aidé à l'organisation de cette manifestation.

Tout d'abord, le personnel de la Station Marine de Wimereux qui bien que les travaux en cours leur causent bien du souci a accepté gentiment ce surcroît de travail. Mes remerciements vont aussi à la Mairie de Wimereux en la personne de son Maire, le Docteur Jacques BRESSON, de l'adjoint à la Culture Monsieur MAILLARD et des Services techniques que dirige Monsieur THIERRY pour leur accueil dans cette salle municipale.

Je ne manquerai pas de remercier également la ville de Boulogne-sur-Mer et son Maire, Monsieur Guy LENGAGNE Secrétaire d'Etat à la Mer, Monsieur Christian LEFEBVRE, adjoint à la Culture, Monsieur Didier THIBAUT, Directeur du C.D.C.B., Monsieur LE DANTEC et tout le personnel de la Mission du Centre de la Mer.

L'Espace Naturel Régional, son Président Dominique DUPILET, député du Pas-de-Calais et le personnel de l'Antenne de Wimereux n'ont pas ménagé leur peine pour vous proposer une excursion. Vous pouvez d'ailleurs leur rendre une petite visite, ils vous parleront de leurs actions dans le domaine de la protection de l'environnement. Ils sont établis à la Station Marine.

Je remercie également le Crédit Maritime de Boulogne-sur-Mer.

Je ne voudrais pas oublier non plus les grands organismes, que leurs représentants sachent que j'ai d'abord parlé des organismes locaux.

L'Université des Sciences et Techniques de Lille dont fait partie la Station Marine a montré l'intérêt qu'elle ressentait pour nos manifestations. Monsieur le Professeur CORTOIS s'excuse de ne pouvoir assister à la session d'ouverture mais il fera son possible pour passer au cours de la semaine. L'IFREMER a très souvent aidé nos manifestations scientifiques et cette année encore nous apporte une aide importante.

Je remercie également le Ministère de l'Education Nationale qui nous a aidé à travers la Direction de la Coopération et des Relations Internationales.

Enfin un grand merci au Secrétariat d'Etat à la Mer qui, par l'intermédiaire du Fond d'Intervention et d'Action Maritime, a été le premier à nous aider. Je ne saurais conclure sans remercier ceux qui au sein du Comité d'organisation n'ont ménagé ni leurs conseils, ni leur aide. Je veux parler du Professeur Alain RICHARD, de Catherine DEWARUMEZ et de Mireille PANNIER. Sans eux cette manifestation n'aurait pu avoir lieu.

******


ET COLLOQUE DE WIMEREUX



LISTE DES PARTICIPANTS

ARNAL O.
I.F.R.E.MER
Quai Gambetta
62200 BOULOGNE SUR MER

ARNAUD P.M.
C.N.R.S.
Station Marine d'Endoume
13007 MARSEILLE

BEBBINGTON A.
3 Coombe Gardens
Coombe Lane
BRISTOL B S 92 BT
Grande Bretagne

BERTHOME J.P.
I.F.R.E.MER
B.P. 133
17390 LA TREMBLADE

BLANCHARD M.
I.F.R.E.MER
Centre de Brest
B.P. 337
29200 BREST

BLOND J.
Crédit Maritime
Quai Chanzy
62200 BOULOGNE SUR MER

BODOY A.
I.F.R.E.MER
B.P. 133
17390 LA TREMBLADE

BOUCHET P.
Museum National d'Histoire Naturelle
55, rue Buffon
75005 PARIS

BOURGAIN J.L.
Station Marine
B.P. 41
62930 WIMEREUX

BRYLINSKI J.M.
Station Marine
B.P. 41
62930 WIMEREUX

CHEVALLIER H.
FUSTEROUAU
32400 RISCLE

CORTOIS J.
Université des Sciences & Techniques de Lille
Laboratoire de Physique Théorique
59655 VILLENEUVE D'ASCQ Cedex

CURGY J.J.
Université des Sciences & Techniques de Lille
59655 VILLENEUVE D'ASCQ Cedex

DAGUZAN J.
Université de RENNES I
Avenue du Général Leclerc
36012 RENNES Cedex

DAVOULT D.
Station Marine
B.P. 41
62930 WIMEREUX

DECLEIR W.
Laboratoire de Biochimie
Groenenborgerlaan 171
B 2020 ANTWERPEN
BELGIQUE

DESLOUS-PAOLI J.M.
I.F.R.E.MER
B.P. 133
17390 LA TREMBLADE

DESPREZ M.
S.E.B.S.
Quai Jeanne d'Arc
80230 SAINT VALERY SUR SOMME

DEWARUMEZ C.
Station Marine
B.P. 41
62930 WIMEREUX

DEWARUMEZ J.M.
Station Marine
B.P. 41
62930 WIMEREUX

DIAZ-CASTANEDA V.
Station Marine
B.PM. 41
62930 WIMEREUX

DIDIER B.
U.E.R. des Sciences Exactes et Naturelles
123 Avenue A. Thomas
87060 LIMOGES

DUCROTOY J..P.
Station d'Etudes en Baie de Somme
115 Quai Jeanne d'Arc
80230 SAINT VALERY SUR SOMME

FRONTIER S.
Station Marine
B.P. 41
62930 WIMEREUX

GABRIE C.
Biologie Marine et Malacologie
Ecole Pratique des Hautes Etudes
55 Rue de Buffon
75005 PARIS

GALLOIS L.
Université de RENNES I
Avenue du Général Leclerc
35012 RENNEX Cedex

GENDRON F.
Laboratoire de Biologie Marine
CERAM
13397 MARSEILLE CEDEX 13

GENTIL F.
Station Biologique
29211 ROSCOFF

GLACON R
Station Marine
B.P. 41
62930 WIMEREUX

GODIN P.
Le Saint-Laurent
Avenue du Grand Jas
06400 CANNES

GRIZEL H.
I.F.R.E.MER
56470 LA TRINITE SUR MER

GROSSEL H.
I.F.R.E.MER
Station Marine
B.P. 41
62930 WIMEREUX

GRUET Y.
Laboratoire de Biologie Marine
2, rue de la Houssinière
44072 NANTES

GUILLOCHEAU N.
I.F.R.E.MER
63 Boulevard Deganne
33120 ARCACHON

HERAL M.
I.F.R.E.MER
B.P. 133
17390 LA TREMBLADE

HIS E.
I.F.R.E.MER
63 Boulevard Deganne
33120 ARCACHON

IRLINGER J.P.
34, rue Roger Salengro
94270 LE KREM LIN BICETRE

KHALANSKI M.
E.D.F. Département EAA
6 Quai Watier
78400 CHATOU

LAGADEUC Y.
Station Marine
B.P. 41
62930 WIMEREUX

LAMOLLET J.
I.F.R.E.MER
Quai Gambetta
62200 BOULOGNE SUR MER

LE FRANC G.
I.F.R.E.MER
Quai Gambetta
62200 BOULOGNE SUR MER

LEGUHENNEC M.
Université de RENNES I
Avenue du Général Leclerc
35012 RENNES CEDEX

LEMAIRE J.
Station marine
B.P. 41
62930 WIMEREUX

LUBET P.
Université de Caen
14032 CAEN CEDEX

MARCHAND C.R.
Laboratoire de Zoologie
Faculté des Sciences
Place Leclerc
25030 BESANCON CEDEX

MARTINET P.
CERAM
Faculté Sciences et Techniques
Rue H. Poincaré
13013 MARSEILLE

MAURER D.
I.F.R.E.MER
63 Boulevard Deganne
33120 ARCACHON

METIVIER B.
Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie
55 Rue de Buffon
75005 PARIS

MIRAMAND P.
I.N.T.M.C.
BP 262
50107 CHERBOURG CEDEX

MORAND S.
Université de RENNES I
Avenue du Général Leclerc
35012 RENNES CEDEX

MOREL M.
I.F.R.E.MER
Quai Gambetta
62200 BOULOGNE SUR MER

MORVAN C.
I.F.R.E.MER
Centre de Brest
B.P. 337
BREST

ORLANDO E.
Istituto di zoologia
Universita di Modena
41100 MODENA
I TALIE

PARACHE A.
Station Marine d'Endoume
13007 MARSEILLE

PORCHET M.
U.A. 148
Université des Sciences & Techniques de Lille
59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

PORTERES G.
Laboratoire de Biologie Biochimie Marines
I.U.T.
17026 LA ROCHELLE CEDEX

POULICEK M.
Laboratoire de Morphologie,, Systématique et Ecologie animales
Institut de Zoologie
22 Quai van Beneden
B 4020 LIEGE
BELGIQUE

PROU J
I.F.R.E.MER
B.P. 133
17390 LA TREMBLADE

PRYGIEL J.
Station Marine
B.P. 41
62930 WIMEREUX

RENZONI A.
Dipartimento di Biologia Ambientale
Via delle Cerchia 3
53100 SIENA
ITALIE

QUINIOU F.
I.F.R.E.MER
Centre de Brest
B.P. 337
29273 BREST CEDEX

REAL-TESTUD A.M.
Laboratoire de Biologie des Invertébrés marins et Malacologie
55 Rue de Buffon
75005 PARIS

RICHARD A.
Station Marine
B.P. 41
62930 WIMEREUX

RICHARD G.
Biologie Marine et Malacologie
Ecole Pratique des Hautes Etudes
55 Rue de Buffon
75005 PARIS

RICHARDOT-COULET M.
Laboratoire Biologie Animale et Ecologie
Université de LYON I
43 Bd du 11 Novembre
69622 VILLEURBANNE CEDEX

ROBERT R.
I.F.R.E.MER
63 Bd Deganne
33120 ARCACHON

RONDELAUD D.
Faculté de Médecine
2 rue du Docteur Raymond-Marchand
87025 LIMOGES

SAFRAN P.
Station Marine
B.P. 41
62930 WIMEREUX

SALVAT B.
Ecole Pratique des Hautes Etudes
55 Rue de Buffon
75005 PARIS

SAUTIERE P.
UA 409 CNRS
Institut de recherche sur le cancer
Place de Verdun
59045 LILLE CEDEX

TARDY J.
Laboratoire de Biologie Biochimie marines
I.U.T.
17026 LA ROCHELLE CEDEX

TRAVADE F.
E.D.F. Département EAA
6 Quai Watier
78400 CHATOU

TRONDLE J.
Biologie Marine et Malacologie
Ecole Pratique des Hautes Etudes
55 Rue Buffon
75005 PARIS

VICENTE N.
CERAM
Rue H. Poincaré
13397 MARSEILLE CEDEX 1

WOLF G.
Laboratoire de Biochimie
171 Groenenborgerlaan
B 2020 ANTWERPEN
BELGIQUE

WOUTERS D.
U.A. 409 CNRS
Institut de Recherches sur le cancer
Place de Verdun
59045 LILLE CEDEX

TRICLOT A.M.
Laboratoire de Biologie des Invertébrés marins et Malacologie
55 Rue de Buffon
75005 PARIS

VIème C O N G R E S

de la

S O C I E T E F R A N C A I S E D E M A L A C O L O G I E

T H E M E   I

"E C O L O G I E"

* * * * *

Haliotis, 15, 1986
p. 3 à 16

BUTTES DE SAINT-MICHEL-EN-L'HERM (VENDEE) : CARA DE LA POPULATION D'HUITRES (*OSTREA EDULIS* LINNE) ET DE SA FAUNE ASSOCIEE

par

Yves GRUET* et Daniel PRIGENT**

**ire de Biologie marine, U.E.R. des Sciences de la Nature,*
2 la Houssinière, 44072 NANTES Cedex

***archéologique départemental de Maine et Loire,*
ue de Frémur, 49000 ANGERS

ABSTRACT. MOF FLAT OYSTERS (*OSTREA EDULIS* LINNE) AT SAINT-MICHEL-EN-L'HERM (VENDEERACTERS OF THE OYSTER POPULATION AND OF ITS ASSOCIATED FAUNA.

The mourster shells in the "Marais poitevin" near the village of Saint-Michel-en-l' Herm have raiseber of questions since the beginning of the last century. Some authors consider that thnds were created by human activity, whilst others assert that they are ancient nat. In the controversy the analysis of the associated fauna often gave evidence for oner of these hypotheses. In our investigation it was decided to examine in detail two sarm the deposits.Oyster shells and the associated fauna were systematically examined (iden, numbers, measurements, evidence of opening,...). Biometric correlations were madeoyster shells. Analysis of the associated fauna provided us the probable characteristics original oyster biota. Finally, it is clear that these accumulations are the result of intean activity during the "Mediaval Period".

RESUME.

Dans le poitevin, près du Bourg de Saint-Michel-en-l'Herm, existaient il y a quelques dizaines des buttes coquillières de taille exceptionnelle. Le problème de l'origine de ces accumulasuscité de nombreuses controverses depuis le début du siècle dernier, certains auteurs it l'hypothèse d'une origine anthropique, d'autres n'y voyant qu'un banc naturel. Paarguments avancés, ceux relatifs à la faune associée ont souvent été mis en avant afirer l'une ou l'autre des hypothèses. Il nous a donc paru utile d'effectuer deux prélèvemerraux dans la partie encore accessible du gisement. Les échantillons d'huîtres et de faciée ont été examinés de façon systématique (déterminations, numérotations, mensuratide des traces d'ouverture ...). Des corrélations de type biométrique ont été mises ete pour les huîtres. L'analyse de la faune associée permet d'apporter quelques élémen au biotope de ces huîtres. Les résultats concordent pour confirmer l'origine anthropien-Age) de ces buttes.

MOTS CLES :Mouître plate, biométrie, faune associée, histoire de la pêche, accumulations anth.

KEY-WORDS : Mflat oyster, biometry, associated fauna, fishing history, human accumulations.

INTRODUCTION.

Près du l Saint-Michel en l'Herm (Vendée), dans le Marais poitevin, existaient encore il y a quzaines d'années des buttes coquillères de taille exceptionnelle. Il n'en reste aujourd'huiques vestiges à la suite de l'exploitation intensive (de 1924 à 1970) destinée à utilisdcaire comme amendement ou pour fabriquer de la chaux. Notre but n'est pas de rev l'origine anthropique de ces buttes. Mais, dans le cadre d'une étude

sur la pêche et le commerce des huîtres, nous avons voulu analyser plus en détail certains points concernant les coquilles d'huîtres plates et la faune qui leur est associée. Pour cela deux prélèvements exhaustifs ont été réalisés dans le petit secteur des buttes encore sauvegardé. Par ailleurs, l'analyse ststistique des caractères des coquilles et de la faune associée devrait nous permettre ultérieurement de mieux comparer ce cas précis à d'autres sites.

1.- Localisation et importance des buttes (Fig. 1)

Les buttes étaient situées dans les marais à 6 km du rivage actuel et à 0,8 km de l'"île" de Saint-Michel en l'Herm sur laquelle ont été implantés l'Abbaye et le Bourg. Il existait deux masses principales allongées entre deux "canaux". Nous avons retrouvé d'autres amoncellements de coquilles, de taille réduite, dans la berge du canal, au Sud de la butte calcaire de la Dune. Les données concernant les dimensions des buttes varient selon les auteurs, aussi les chiffres fournis ici seront-ils approximatifs. La butte occidentale se présentait comme un monticule de forme irrégulière. Son extrémité orientale, séparée de la masse principale par un petit fossé a souvent été considérée comme une masse distincte. La longueur maximale, extensions comprises,

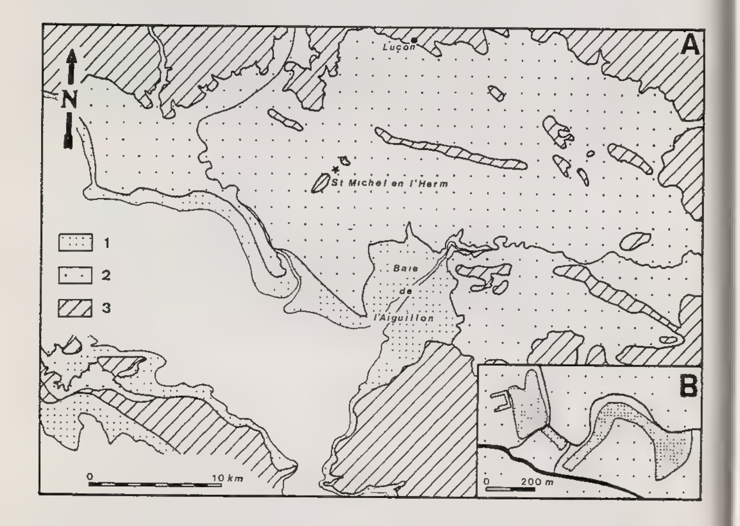


Fig. 1. Emplacements des buttes de Saint-Michel. A : situation générale dans le marais poitevin; B : forme des buttes (QUATREFAGES 1862 et BAUDOUIN 1916). 1 : zone intertidale; 2 : alluvions récentes (marais et cordons littoraux); 3 : "îles" dominant le marais et bordure continentale . L'astérisque * situe les buttes B.

était d'environ 300 m, la largeur maximale de 100 m et le sommet dominait le marais d'environ 8 m. La butte orientale était allongée, en forme de V ouvert et présentait une extrémité Est élargie. La longueur totale était d'environ 520 m; la largeur variait de 15 m à plus de 50 m; le sommet se trouvait entre 4 et 6 m au-dessus des prairies. Les buttes se prolongeaient d'environ 1,5 m sous la surface du marais. Le volume de l'ensemble aurait atteint, suivant les auteurs, de 200000 m³ à 712000 m³. Le chiffre de 500000 m³ semble le plus probable et représente une masse de plus de 5 milliards de coquilles. Ces buttes reposent sur une vase marine le "bri" dont l'altitude de 5,5 m NGF (VERGER, 1968) correspond au niveau des hautes mers actuelles.

2. Origine et datation des buttes.

Dès 1573 LA POPELINIERE (*in* VERGER, 1959) mentionne l'incertitude qui règne quant à l'origine de ces énormes accumulations. Depuis, ce problème a suscité de nombreuses controverses, certains auteurs défendant l'hypothèse d'une origine anthropique, d'autres ne voyant dans ces buttes qu'un banc naturel. Parmi ces derniers, VILLAIN (1913) imagine la remontée des huîtres par un soulèvement dû aux gaz provenant de la décomposition des mollusques enfouis sous la vase molle. Pour d'autres auteurs (LONGUEMAR 1865, DOUVILLE, 1908) l'altitude actuelle du banc serait due à des mouvements d'origine tectonique. Certains chercheurs ont vu là le témoignage d'un ancien haut niveau marin (FLEURIAU DE BELLEVUE 1814, CAVOLEAU 1818, RIVIERE 1835, RANSON 1959...).

Pour les tenants d'une origine anthropique, l'explication de la formation de ces buttes est aussi variée :

- port de refuge pour petites embarcations, postérieur à Pépin le Bref (QUATREFAGES, 1862) ou ligne de défense d'un port édifié au XIIIème siècle (GAMBIER et ROBUCHON 1929).
- monument cultuel représentant un dragon, édifié au temps des invasions normandes (BAUDOUIN, 1916).
- résidus de consommation qui auraient pu commencer à l'époque gallo-romaine et se poursuiovre au Moyen-Age (BEGOUEN, 1924, 1937).
- croyance populaire des paysans voisins qui pensent que les huîtres proviennent "du réfectoire des moines de Saint-Michel" (FILLON et ROCHEBRUNE, 1887);
- récemment VERGER (1959) a suggéré que les moines avaient approvisionné les communautés voisines et ROUCHE (1979) propose l'utilisation des mollusques pour la fabrication du *garum*.

L'hypothèse de l'origine naturelle ne peut plus être retenue. Elle se heurte en effet à une série d'arguments (PATTE et coll. 1961, VERGER, 1959), notamment l'âge des buttes.qui, pour leur masse principale, ne peuvent être antérieures au Haut Moyen-Age. L'éventualité d'un haut niveau marin dans le Marais poitevin durant l'époque historique est exclu, de même que celle d'un soulèvement localisé d'une telle ampleur (VERGER, 1968).

Il est difficile de fournir une datation précise pour ces buttes, leur formation ayant pu s'étendre sur plusieurs siècles. Nous disposons néanmoins d'éléments archéologiques et de datations par la méthode du 14C. Les éléments archéologiques proviennent malheureusement de trouvailles ponctuelles, réalisées pour l'essentiel lors des travaux d'exploitation de la masse coquillière, en des endroits variés des buttes qui pouvaient présenter une stratigraphie de détail

fort complexe. Si l'emplacement précis ou l'interprétation de certaines découvertes restent contestables, il est certain que plusieurs objets ont été mis au jour à l'intérieur des buttes, et parfois dans leur partie inférieure (QUATREFAGES 1862, GAMBIER et ROBUCHON, 1929, 1937, VERGER, 1959, PATTE et coll. 1961...). Mentionnons l'existence d'une série de monnaies datées du XIIIème siècle. De même, les clefs à anneau losangique ainsi que des poteries glaçurées pourraient appartenir à cette époque. Des monnaies plus anciennes ont également été retrouvées. On peut douter de l'attribution au règne de Pépin le Bref d'un ensemble de 27 monnaies découvertes au début du XIXème siècle dans la butte nord. Toutefois, dans cette même butte, deux deniers en argent, l'un de Charles II le Chauve, l'autre de Charles III le Simple ont été recueillis. La datation que VERGER (1968) avait fait réaliser confirme une formation à l'époque médiévale. La datation "radiocarbone" obtenue (Pi 19, 892 + 100 BP) donne, après "calibration" un intervalle en années réelles de 910 - 1275 après J.C. Signalons enfin le témoignage de LA POPELINIERE qui indique qu'en 1573 la destination des buttes semblait oubliée. Donc si le site ne semble pas avoir fourni d'éléments postérieurs à la fin du XIIIème siècle*, il est possible en revanche que la formation des buttes ait commencé durant le Haut Moyen-Age.

RESULTATS.

Dans une petite falaise à proximité immédiate de la ferme des Chaux, nous avons effectué deux prélèvements, l'un au niveau du marais, l'autre à 2,0 m au-dessus. Chaque prélèvement est soigneusement lavé au-dessus d'un tamis de maille fine (125 µm.). Tous les restes retenus sont triés et les caractères des valves d'huîtres sont notés : mensurations, traces d'ouvertures, etc... La faune est examinée, déterminée et dénombrée. Pour certains caractères on calcule une fréquence ou un pourcentage pour faciliter les comparaisons.

1. Les huitres et leurs caractères.

Le premier prélèvement (partie supérieure) est constitué de 257 huîtres "adultes" et le second (partie inférieure) de 174 huîtres (chiffres obtenus à partir du décompte des valves gauches). Remarquons que ces nombres de valves ou d'huîtres peuvent légèrement varier d'une analyse à l'autre, car elles n'ont pas toujours toutes été prises en compte selon leur état de dégradation. Rappelons aussi que toutes ces coquilles appartiennent à l'espèce indigène de la côte atlantique française : l'huître plate *Ostrea edulis* Linné. En effet ce n'est qu'en 1865 que l'huître portugaise *Crassostrea angulata* (Lmk) et vers 1970 que l'huître japonaise *Crassostrea gigas* (Thunberg) ont été introduites sur notre côte.

1.1. Les petites huîtres et le naissain.

Conventionnellement nous séparons les grosses huîtres ou "adultes" des petites huîtres qui ont une taille inférieure à 4,5 cm et seront donc considérées comme naissain. Ce critère de séparation est aussi choisi afin de faciliter la comparaison avec d'autres sites archéologiques. Trouvé en vrac, donc détaché ou encore fixé aux autres huîtres, le naissain est plus fréquent et plus abondant sur les valves inférieures. La distribution des hauteurs des valves inférieures d'huîtres offre un aspect nettement bimodal (Fig. 3) et l'importance du naissain est plus forte pour le deuxième prélèvement.

* Note : rappelons que les monnaies ne donnent qu'un *terminus post quem*.

1.2. Huîtres valves jointes en "bouquets" et "chambres" (fig. 2).

Il est remarquable de constater sur le terrain que les valves sont jointes. Effectivement au moins 22 à 40 % des huîtres sont dans ce cas. Le chiffre réel doit être supérieur car lors du prelèvement des valves ont été disloquées en limite de l'échantillon. Lors du tri, les ligaments sont retrouvés bien que très fragilisés. Un autre trait de ces huîtres est leur groupement en "bouquets" de 2 à 5 individus pour 40 % à 45 % des huîtres. D'ailleurs beaucoup étaient fixées au voisines , l'allure et la forme des talons le confirment. Un grand nombre de valves (60 à 75 %) sont chambrées, ce qui est à mettre en relation avec l'abondance des Polychètes *Polydora*.

	Prélèvement inférieur	Prélèvement supérieur
grand talon concave	19% des huîtres n = 257 valves g.	34 % des huîtres n = 174 valves g.
bouquets de 2 à 5 huîtres	45 % des huîtres n = 257 valves g.	40 % des huîtres n - 174 valves g.
valves jointes	22 % des huî-tres	40 % des huitres

Prélèvement inférieur	valves droites n = 184	valves gauches n = 189
"chambres"	63 % (valves)	60 % (valves)

Prélèvement supérieur	valves droites n = 149	valves gauches n = 163
"chambres"	74 % (valves)	75,5% (valves)

Fig. 2 - Quelques caractères des huîtres des prélèvements inférieur et supérieur.

1.3. Caractéristiques biométriques des huîtres "adultes".

On sait que l'huître plate est fixée au substrat par sa valve convace, appelée valve gauche ou valve inférieure. L'autre valve, presque plane, est la valve droite ou valve supérieure. La terminologie des mensurations possibles varie selon les auteurs (GALTSOFF, 1964, LAURAIN, 1971, MARIN, 1971). Nous définirons ici, à la suite de GALTSOFF comme :

- longueur (L) : la distance séparant le bord antérieur du bord postérieur;
- hauteur (H) : la distance séparant le crochet dorsal du bord ventral;
- largeur (l) : l'épaisseur des deux valves jointes.

Nous avons aussi mesuré :

- l'épaisseur maximale des valves droites et gauches (e);
- la dimension maximale de l'aire d'insertion musculaire (m).

Afin d'avoir une bonne idée de l'allongement, on calcule le rapport H/L. Un indice de forme de la coquille peut être établi. Pour GALTSOFF, l'"index of shape" est obtenu par la formule : $If = \frac{H + l}{L}$. Les mensurations n'ont été possibles que sur une partie des échantillons recueillis, du fait du mauvais état de conservation de certaines coquilles. Seule une partie des huîtres se présentaient valves jointes; nous avons donc également mesuré les valves gauches et droites.

Les histogrammes de répartition des différents paramètres retenus ont été tracés (Fig.3). Les distributions sont de type unimodal et les valeurs moyennes ont été calculées (Fig. 4).

Les deux prélèvements sont constitués d'huîtres de tailles légèrement différentes, le supérieur étant constitué de coquilles un peu plus grandes que celles du prélèvement inférieur.

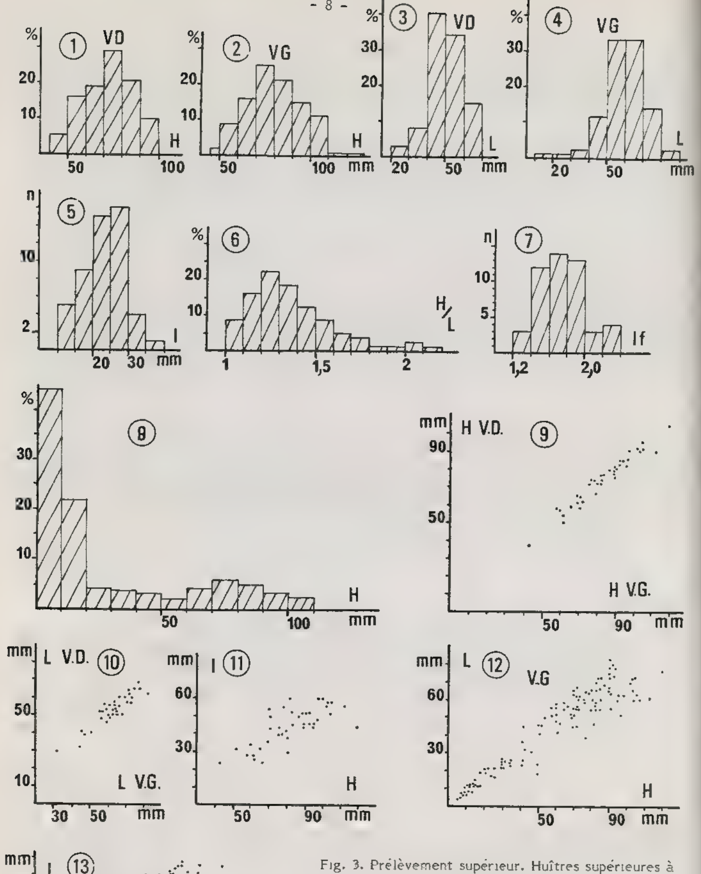


Fig. 3. Prélèvement supérieur. Huîtres supérieures à 4,5 cm sauf en 8 (population totale). Histogrammes et relations entre caractères des huîtres. V.D. = valves droites. V.G. : valves gauches. H : hauteur. L : longueur. l : largeur. I.F. : indice de forme.

Toutefois, ces huîtres appartiennent à la même population. Les indices de forme sont très voisins (1,69 et 1,74). Les rapports H/L très proches (1,35 et 1,97) montrent un net allongement des valves, avec cependant une dispersion assez forte des valeurs. Hauteurs et longueurs sont bien corrélées. Sur un échantillon de 111 individus, le coefficient de corrélation est de 0,93, avec un écart-type lié de 7,9, L étant lié à H par la relation : L = 4,4 + 0,67 H. De bonnes corrélations lient également H et e ou m.

		Prélèvement supérieur			Prélèvement inférieur		
		n	x	σ	n	x	σ
Valves	H	111	71,9	13,6	125	65,4	13,2
	L	114	50,2	9,0	145	49,4	9,5
droites	e	117	7,0	2,3	159	6,4	2,5
	m	-	-	-	174	18,6	3,7
	H/L				106	1,3	0,2

Fig. 4 - Quelques paramètres biométriques de la population d'huîtres "adultes" (mensurations exprimées en mm).

		Prélèvement supérieur			Prélèvement inférieur		
		n	x	σ	n	x	σ
Valves	H	114	79,8	15,7	115	74,5	16,4
	L	84	59,4	11,4	80	56,1	15,0
gauches	e	105	10,0	3,2	70	8,2	3,7
	m	-	-	-	170	18,2	4,4
	H/L	82	1,4	0,2	60	1,3	0,3
	I	50	22,8	5,6	31	23,6	4,5
	If	49	1,7	9,3	27	1,7	0,3

1.4. Les traces d'ouverture.

La présence ou l'absence de traces d'ouverture sur les huîtres a été l'un des principaux points de discussion entre les différents auteurs s'étant intéressés à Saint-Michel en l'Herm. Le premier à mentionner de telles traces fut QUATREFAGES (1862); il signala un lot de valves non jointes qui "toutes, et surtout des valves planes, portaient au bord opposé à la charnière des fractures, des écaillures parfaitement semblables à celles qui se produisent au même point lorsqu'on cherche à ouvrir une huître avec un couteau"; en revanche, en dehors de cet amas, il estime (1882) que "ces buttes ne sont pas des débris de cuisine, car à peu près toutes les huîtres ... ont leurs deux valves en place, et présentent, encore intact... le ligament de la charnière". BAUDOUIN (1916) réalisa dès 1907 une étude complète des stigmates d'ouverture "soit par le bord circulaire ou inférieur, soit par l'un des deux bords latéraux". Ce type d'écaillage est observé dans "la très grande majorité des cas. BEGOUEN (1924, 1937, 1938) insiste lui aussi sur la présence de traces "dans une proportion d'environ les deux tiers des coquilles étudiées. PATTE (1933), TERS et VERGER (1958), ROUCHE (1979) ont également confirmé ces observations. En revanche, GAMBIER et ROBUCHON (1929, 1936) estiment que les huîtres n'ont jamais été ouvertes. De même RANSON (1959) déclare l'ouverture impossible.

A la suite de l'étude des buttes huîtrières de Bourgneuf en Loire-Atlantique (GRUET et PRIGENT, en cours), où les coquilles présentaient des traves d'ouverture particulièrement nettes, ainsi que des coquilles provenant de différents sites gallo-romains, nous avons repris le problème des huîtres de Saint-Michel. Nous avons alors examiné l'ensemble des valves tant jointes qu'isolées. Seules quelques coquilles présentent une nette échancrure du bord ventral. Toutefois l'essentiel des valves étudiées montre un bord plus ou moins ébrèché. Ce fait pourrait être dû à des causes n'ayant aucun rapport avec l'ouverture des huîtres. Il faut néanmoins noter

l'importance des cassures chez les spécimens "adultes" (93 % des valves gauches du prélèvement inférieur), contrairement à ce que l'on observe chez les petites huîtres (22 %). Il semble donc que ces traces soient dues à l'écaillage des huîtres par l'homme. D'ailleurs les traces d'ouverture sont très nettes à l'intérieur des valves. Nous en distinguons deux catégories : les éraflures d'une part, les enlèvements (fig. 5) d'autre part : les huîtres trouvées valves jointes présentent très fréquemment de telles traces (28 coquilles sur 43 pour le prélèvement inférieur et 52 sur 65 pour le supérieur). Si l'on considère les valves isolément, la fréquence diminue mais reste importante. Ainsi, le prélèvement supérieur contient 65 % de valves droites et 62 % de valves gauches présentant des traces non douteuses d'ouverture. Sur la valve droite on observe fréquemment une éraflure linéaire, située entre l'empreinte musculaire et le bord postérieur. La trace la plus fréquente sur la valve gauche consiste en un enlèvement entre le muscle et le bord ventral.

Comment s'opérait cet écaillage ? On peut penser que les huîtres étaient prises une à une dans une main, la valve concave dans la paume. De l'autre main, à l'aide d'un "couteau" ou "un poinçon", objets retrouvés dans les buttes (VERGER 1959), l'huître était ouverte en faisant levier sur la valve plate (trace d'encoche). Puis, ou en même temps, d'un mouvement latéral (traces d'éraflures) la chair de l'huître était rejetée sur le côté dans un récipient. La coquille tombait à terre et les valves restaient jointes (pour environ 50 % des huîtres d'après notre propre expérience).

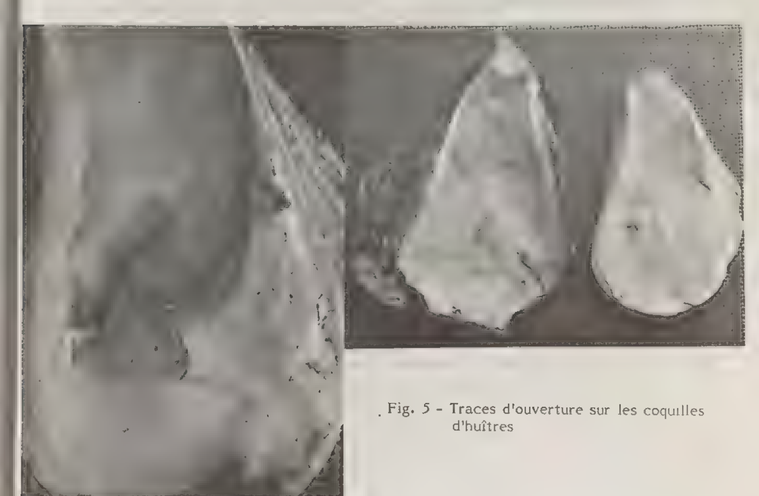


Fig. 5 - Traces d'ouverture sur les coquilles d'huîtres

2. La "faune associée" (fig. 6 à 8)

Les prélèvements inférieur et supérieur seront traités en même temps dans la mesure où il y a très peu de différences entre eux en ce qui concerne la faune associée.

Cette faune peut être séparée en plusieurs lots en fonction de l'origine supposée des organismes

2.1. Un lot d'espèces terrestres.

Il s'agit là d'espèces vraiment terrestres qui n'ont pu s'installer que lorsque le tas d'huîtres n'était plus atteint par l'eau salée. Ces Mollusques Gastéropodes sont calcicoles et xérophiles comme *Theba pisana*, *Cochlicella* sp. et *Pupilla muscorum*. *Cecilioides acicula* a un habitat souterrain et calcicole. Les Zonitidae et *Clausilia* sp. sont plus ubiquistes. Ce lot d'espèces reste peu abondant par rapport aux espèces marines.

PRELEVEMENT SUPERIEUR		Mollusques Gastéropodes	
Mollusques Bivalves		*Cecilioides acidula*	6 ex.
Chlamys varia	7 valves, frag.	*Zonitidae (Vitraea ?)*	3 ex.
Modiolus cf.modiolus	2 valves,2 charn.frag.	*Clausilia sp.*	1 ex.
Mytilus edulis	2 valves,2 char.frag.	*Phytia myosotis*	1 ex.
Anomia ephippium	1 ex	*Adaeorbis subcarinatus*	1 ex
Musculus cf.discors ?	3 valves	*Rissoa parva*	1 ex
Spisula sp.	3 valves, frag.	*Cingula semistriata*	1 ex.
Nucula sp.	2 valves	Annélides Polychètes	
Erynacea (Kellia ?)	3 valves,	*Pomatoceros sp.*	frag.
Corbula sp.	1 valve	Bryozoaires, *Conopeum*	frag.
Abra sp.	3 valves, frag.	Crustacés Cirripèdes *Balanus*	n > 80
Acanthocardium sp.	frag.	Crustacés Décapodes	frag.(crabes
Variés : os, ligaments,	3,7 g		et pagures)
terre, grains de sable ...			

PRELEVEMENT INFERIEUR		Mollusques Gastéropodes	
		Ocenebra erinacea	2 juv.
Mollusques Bivalves		*Rissoa sp.*	2 ex.
Chlamys varia	5 valves, frag.	*Odostomia sp.*	6 ex.
Modiolus cf.modiolus	1 valve, frag.	*Phytia myosotis*	1 ex
Mytilus edulis	2 valves, frag.	*Ovatella bidentata*	1 ex.
Anomia ephippium	1 valve	*Cingula semistriata*	1 ex.
Spisula sp.	1 valve	*Pupilla muscorum*	3 ex.
Erynacea (Kellia ?)	1 valve	*Cochlicella sp.*	2 juv.
Abra sp.	7 valves	*Theba pisana*	2 juv.
Cardium sp.	frag.	*Dentalium sp.*	1 ex.
Scrobicularia plana	1 valve	*Bittium reticulatum*	2 ex
Annélides Polychètes		Bryozoaires	frag.
Pomatoceros sp.	environ 20,frag.	Crustacés Cirripèdes	209 ex.

Fig. 6 - Faune associée aux huîtres du prélèvement supérieur et inférieur. frag = fragments, ex. = exemplaire; juv. = juvénile.

Valves / Faune	195 valves droites	257 valves gauches	Total : 452 valves
Polychètes			
Polydora sp.	F = 86	F = 40	F = 60
Pomatoceros sp.	F = 8 n = 31	F = 20 n = 88	F = 15 n = 119
Sabellaria sp.		F = 6	F = 3,5
Bryozoaires	F = 4	F = 13	F = 9
Cirripèdes (*Balanus*)	F = 5 n = 32	F = 47 n = 426	F = 29 n = 458
Eponge		F = 0,8	F = 0,4
Base d'Anomie		F = 0,8	F = 0,4
perforation d'*Ocenebra*	F = 9 n = 17	F = 2 n = 6	F = 5 n = 23
algue calcaire		F = 0,4	F = 0,2
naissain d'*Ostrea* (inférieur à 1 cm)	F = 6 n = 18	F = 34 n = 210	F = 22 n = 228

Fig. 7 - Prélèvement inférieur. Fréquence F; nombre n.

Valves / Faune	133 valves droites	174 valves gauches	Total : 307 valves
Polychètes			
Polydora sp.	F = 90	F = 75	F = 81
Pomatoceros sp.	F = 5 n = 8	F = 10 n = 17	F = 7 n = 28
Sabellaria (?)	F = 1	F = 17	F = 10
Bryozoaires	F = 1	F = 5	F = 3
Cirripèdes (*Balanus*)	F = 4 n = 51	F = 20 n = 159	F = 13 n = 210
Eponge		une fois	F = 0,3
Base d'Anomie		une	F = 0,3
perforation d'*Ocenebra*	F = 1,5 n = 2	F = 1 n = 2	F = 1,3 n = 4
naissain d'*Ostrea* (inférieur à 1 cm)	F = 6 n = 9	F = 22 n = 90	F = 15 n = 99

Fig. 8 - Prélèvement supérieur. Fréquence F; nombre n.

2.2. Un lot d'espèces des hauts niveaux marins.

Les deux espèces de Gastéropodes Pulmonés *Phytia myosotis* et *Ovatella (Alexia) bidentata* vivaient au plus haut niveau de la zone des marées parmi la végétation du schorre, probablement important à proximité immédiate du dépôt d'huitres. De même la valve de Scrobiculaire doit provenir de la vasière (le "bri") sur laquelle les coquilles ont été jetées.

2.3. Un lot d'espèces qui devaient vivre en même temps que les huîtres.

Associés aux huîtres du banc d'origine nous trouvons surtout des Mollusques Bivalves comme *Chlamys varia*, *Modiolus* cf. *modiolus*, *Mytilus edulis*, *Anomia ephippium*, *Musculus* cf. *discors*. Le Gastéropode *Odostomia* sp. vit en ectoparasite des huîtres ou des moules. Seuls deux jeunes Gastéropodes *Ocenebra erinacea* sont répertoriés dans les prélèvements. Mais ce prédateur perceur de coquilles a laissé des traces de perforations incomplètes chez la plupart des grosses huîtres, plus souvent réussies chez les petites huîtres inférieures à 4 cm. Les quelques individus du Gastéropode *Rissoa* sp. ont pu vivre sur le banc d'huîtres, mais proviennent plutôt de zones rocheuses couvertes d'algues rouges ou d'herbiers.

Certaines espèces de l'épifaune sont encore retrouvées fixées aux valves ou dans le sédiment voisin. Parmi elles les balanes (Crustacés Cirripèdes) dominent en fréquence (F de 29 et 13) et en nombre (n = 458 et n = 210). Elles sont plus abondantes sur les valves inférieures. *Balanus perforatus* représente 99 % du total alors que *Balanus* cf. *crenatus* n'a pu être reconnu que pour trois exemplaires et *Verruca stroemia* par un individu. Les tubes du Ver Pocychète Serpulidae *Pomatoceros* sp. sont fixés en assez grande abondance surtout sur les valves inférieures. De même des tubes sableux peuvent être attribués au Polychète *Sabellaria* sp. lui aussi plus abondant sur les valves inférieures. Les Bryozoaires encroûtants recouvrent surtout des valves inférieures. L'spèce la plus abondante est le *Conopeum* cf. *reticulatum*. *Cryptosula pallasiana* et *Schizoporella unicornis* sont plus rares. Des restes d'Eponges ont été observés sur des valves inférieures, de même qu'un peu d'Algues calcaires et des parties dures du byssus du Bivalve *Anomia ephippium*.

Il faut mettre à part les restes de galeries du Polychète *Polydora* sp. qui perfore les coquilles. Très visible sur ces coquilles propres, il est très fréquent (F de 60 et 81) surtout sur les valves supérieures. Il abonde chez certaines huîtres, et surtout dans les valves inférieures.

2.4. Un lot d'espèces marines n'ayant pas vécu sur le banc d'huîtres.

D'après leur usure, certaines coquilles viennent d'ailleurs. Elles ont été transportées, puis piégées entre les huîtres du banc. Citons les Bivalves des genres *Spisula*, *Nucula*, *Corbula*, *Acanthocardium* et le Scaphopode *Dentalium* sp.

CONCLUSION.

I - Situation des bancs d'huîtres dans la baie.

L'aspect des abords de Saint-Michel-en-l'Herm était différent au Moyen-Age. En effet, encore au XVIIème les cartes présentaient une ligne de rivage à faible distance des buttes et de l'abbaye. Il est donc possible que la mer ait bordé l'"île" de Saint-Michel-en-l'Herm au XIIIème siècle. Avant cette époque qui vit le début des grands travaux d'assèchement et de "mise en valeur" des zones humides, on peut supposer que le paysage était différent. L'emplacement actuel du marais poitevin devait être une baie plus ou moins abritée, parsemée d'îlôts rocheux entourés de bras de mer. Les parties hautes intertidales devaient être des vasières (schorre et slikke) parcourues de petits chenaux. Au bas des estrans ils se regroupaient pour former des chenaux plus importants parcourus de courants. Là, les sédiments devaient être plus variés, sableux, éventuellement graveleux ou rocheux. Il est probable, par analogie avec des bancs naturels de la côte est américaine (BAHR et coll. 1981), que certains bancs se développaient en bordure des chenaux

(méandres), à leur embouchure ou en travers, là où les courants de marées étaient renforcés. Il faut remarquer que quelques galets ou coquilles suffisent comme substrat de départ pour un banc. Ensuite comme l'attestent les coquilles d'huîtres, les nouveaux individus se fixent sur les plus anciens. D'ailleurs, la faune trouvée indique essentiellement un environnement de substrats meubles.

2. Caractères des bancs d'huîtres.

Ces bancs naturels avaient une forte densité d'huîtres qui croissaient dans une zone marine plutôt abritée. L'allongement des valves et leur groupement "en bouquets" sont des arguments pour une forte densité d'huîtres dressées les unes contre les autres et à croissance subverticale. Les taux importants de "chambres" et de *Polydora* sont plutôt un indice de croissance en un milieu calme et vaseux. Ces bancs naturels avaient atteint un net état de maturité, à moins que les hommes n'aient choisi de préférence les bancs les plus prospères.

Ces bancs devaient être situés au bas de la zone des marées à la limite des basses mers de vives eaux. En effet, la position à un haut niveau semble exclue si l'on considère l'absence de certains animaux comme les Cirripèdes du genre *Chthamalus* ou certains Gastéropodes. D'un autre côté, la très faible abondance des Cirripèdes *Balanus crenatus* ou *Verruca* sp. de l'Eponge *Cliona* sp. écarte une situation nettement subtidale. Enfin, la très forte abondance de la balane *Balanus perforatus* plaide en faveur de bancs situés à un niveau bas et parcourus de courants de marées.

3. L'exploitation des bancs d'huîtres par l'homme.

Les Chroniques de l'Angoumois parlant de la baie au XVIème siècle nous apprennent que : "en ce fort pays de marécage depuis Luçon, suivant le marais s'étendant vers Montreuil-sur-Mer, était eau salée et droite mer peu profonde; petits bateaux y allaient, car les terres n'étaient si hautes, et y pêchait-on force huîtres mêmement en ce pays de Luçon" (*in* LONGUEMAR 1865). De petites barques pouvaient mener les pêcheurs sur les bancs où, à basse mer, ils ramassaient en vrac les huîtres à moins qu'ils ne les aient draguées. Rappelons la présence dans les buttes de gros blocs perforés (VERGER 1959) qui auraient servi de poids de filet ou d'ancres. La pêche terminée, les bateaux pouvaient à haute mer, remonter l'étier jusqu'aux buttes. Là, après déchargement, les huîtres étaient écaillées, c'est-à-dire que la chair était extraite des coquilles. Elles pouvaient être ensuite expédiées à sec dans des paniers de paille et mangées cuites à l'étuvée, en ragoûts, etc... (ANDRE 1981, LEVESQUE 1982). Il est possible aussi qu'elles aient été marinées ou conservées dans le sel. Cette exploitation qui aurait pu commencer peu après l'installation de l'abbaye semble s'être arrêtée au XIVème siècle. Mais, nous en sommes réduits à des hypothèses car les archives de l'abbaye ont été détruites lors du pillage des bâtiments par les Huguenots en 1568.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Les articles concernant les buttes de Saint-Michel-en-l'Herm sont très abondants. Pour une bibliographie plus complète voyez VERGER (1959 et 1968).

ANDRE, J., 1981. L'alimentation et la cuisine à Rome. Coll. Etudes Anciennes, Les Belles Lettres Paris, 252 p.

BAHR. L.M., LANIER, W.P., 1981. The ecology of intertidal oyster reefs of the South reefs of the South Atlantic coast : a community profile. U.S. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services, Washington, D.C., 105 pp.

BAUDOUIN, M., 1916. Les Buttes d'Huîtres des Chauds à Saint-Michel-en-l'Herm. *Bull. Soc. préhist. Fr.* : 369-384, 503-516, 562-576, 603-622.

BEGOUEN, H., 1924. Les Buttes de Saint-Michel-en-l'Herm (Vendée). *Rev. anthropol.*, 34 : 360-365.

BEGOUEN, H., 1937. A propos des huîtres de Saint-Michel-en-l'Herm. Fontenay-le-Comte. *Rev. Bas Poitou*, 51 (1-2) : 86-91.

BEGOUEN, H., 1938. Toujours les buttes huitrières de Saint-Michel-en-l'Herm, *Rev. Bas Poitou*, 52 141-142.

CAVOLEAU, J.A., 1818. Description du département de la Vendée et considérations générales sur la guerre civile de 1793-1794, 1795. Nantes. Mangin.

DOUVILLE, H., 1908. Les buttes de Saint-Michel-en-l'Herm. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, *8* : 545

FILLON, B. et ROCHEBRUNE, O.,de, 1887. Poitou et Vendée, études historiques et artistiques. Clouzot, Niort, 2 vol.

FLEURIAU DE BELLEVUE, 1814. Description des buttes coquillières de Saint-Michel-en-l'Herm. *J. Mines*, 35 : 426-449.

GAMBIER, J. et ROBUCHON, G., 1929. Contribution à l'étude des buttes huitrières de Saint-Michel-en-l'Herm. *Rev. Bas Poitou*, 40 : 288-292.

GALTSOFF, P.S., 1964. The american oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. *Fish. Bull.*, Fish and Wildlife Service, 64 : 480 p.

GRUET, Y., 1983. Huîtres plates, *Ostrea edulis* Linné, rejetées sur la côte sud-ouest de l'île de Noirmoutier (Vendée) : un phénomène de type "catastrophique".*Haliotis*, 13 : 13-24.

LAURAIN , M., 1971. Aperçu sur l'écologie des *Ostrea* et *Crassostrea*. Application aux Huîtres de faluns de Miocène de la Loire. Thèse de 3ème cycle, Paléontologie, Fac. Sciences, Orsay, 147 p.

LEVESQUE, J., 1982.Granville et la pêche au temps des Terres-Neuvas. Ch. Corlet, S.A.R.L., Caen, 143 p.

LONGUEMAR, de, 1865. Rapport sur la question relative à la formation naturelle artificielle, des dunes coquillières qui s'élèvent sur le marais, dans le voisinage de Saint-Michel-en-l'Herm. *Congrès Archéologique de Fr.*, 31ème session, Fontenay (1864), Paris 1865 : 166-186.

MARIN, J., 1971. Croissance, condition et mortalité des huîtres du Belon. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 35 (2) : 201-212.

PATTE, E., 1933. Sur l'origine des amas d'huîtres des Chauds à Saint-Michel-en-l'Herm (Vendée), *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 196 : 1915-1917.

PATTE, E., M., TERS, VERGER, F., 1961. Sur l'origine humaine des buttes coquillières de Saint-Michel-en-l'Herm (Vendée). *Bull. Inst. océanogr.*, Monaco, 1211 : 7 p.

QUATREFAGES, A. de, 1862. Note sur l'origine artificielle des amas de coquilles connus sous le nom de buttes de Saint-Michel-en-l'Herm (Vendée). *Bull. Soc. géol. Fr.*, 19 : 933-946.

QUATREFAGES, A. de, 1882 . Buttes de Saint-Michel-en-l'Herm. *Assoc. franç.Avanc. Sci.*, 11ème session, La Rochelle : 686-688.

RANSON, G., 1959. Observations sur les buttes de coquilles d'huîtres de Saint-Michel-en-l'Herm (Vendée). *Bull. Inst. Océanogr.*, Monaco , 1146 : 1-25.

RIVIERE, A., 1835. Constitution géologique des buttes coquillières de Saint-Michel-en-l'Herm (Vendée). *Bull. Soc. géol. Fr.*, 6 (1) : 224-230.

ROUCHE, M., 1979. *L'Aquitaine des Wisigoths aux Arabes, 418-781, naissance d'une région*. Paris p. 206-207.

TERS, M., et VERGER, F., 1958. Sur les buttes coquillières de Saint-Michel-en-l'Herm (Vendée) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 6 (8) : 601-606.

VERGER, F., 1959. Les buttes coquillières de Saint-Michel-en-l'Herm. *Norois*, 6 : 35-45.

VERGER, F., 1968. *Marais et wadden du Littoral français. Etude de géomorphologie.* Biscay Frères, Bordeaux, 541 p.

VILLAIN, P., 1913. Les buttes de Saint-Michel-en-l'Herm. *Bull. Soc. géol. Fr.*,13 : 307-322.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 17 à 30

CONTRIBUTION A L'ECOLOGIE D'*ELONA QUIMPERIANA* (DE FERUSSAC) (GASTEROPODE PULMONE STYLOMMATOPHORE) EN BRETAGNE OCCIDENTALE

par

Jacques DAGUZAN(*) et Jean Claude GLOAGUEN (**)

(*) *Laboratoire de Zoologie générale et d'Ecophysiologie, (L.A. INRA) UNIVERSITE de RENNES I, Campus de Beaulieu*

(**) *Laboratoire d'Ecologie végétale (U.A. 040696), UNIVERSITE DE RENNES I Campus de Beaulieu, Avenue du Général Leclerc, 35042 RENNES-CEDEX.*

ABSTRACT : Contribution to the ecology of *Elona quimperiana* (De Ferussac) (Gastropoda, Pulmonata, Stylommatophora) living in western Brittany.

The pulmonate Gastropod *Elona quimperiana* (De Ferussac) is a protected species in France which is found in Brittany west of a line from Saint-Brieuc to Vannes. This work was carried out in the Lorge Forest which is situated 15 kilometres to the south of Saint-Brieuc (Côtes du Nord). Thanks to two studies being carried out simultaneously, one using the mark and recapture method in a limited sector, and the other following the populaion evolution in its natural biotope, it was possible to deduce some original facts :

- the preferential biotope of *Elona quimperiana* is the underpart of the dead wood piles (oak and beech);
- longevity is about two and a half years to three years;
- reproduction takes place in spring (April-May) and in autumn (September-October);
- the life expectancy decreases regularly at full length and is especially noticeable between one and two year old snails (passage to the adult state);
- mortality is high amongst the young; whilst in adults it is particularly increased after the reproductive periods;
- the individuals become adults at two years old, but the size varies according to the season : D = 24,4 mm in spring and 22,2 mm in autumn.

RESUME :

Le Gastéropode Pulmoné *Elona quimperiana* (De Ferussac) est une espèce protégée en France et vivant en Bretagne, à l'ouest d'une ligne allant de Saint-Brieuc à Vannes. L'étude est réalisée dans la forêt de Lorge, située à 15 kilomètres environ au sud de Saint-Brieuc (Côtes du Nord). Grâce à deux études menées simultanément, l'une utilisant la technique de capture-marquage et recapture dans un secteur limité, et l'autre suivant l'évolution d'une population dans son biotope naturel, il est possible de tirer un certain nombre de faits originaux :

- le biotope préférentiel de *Elona quimperiana* est le dessous des tas de bois mort (chêne et hêtre);
- la longévité est de deux ans et demi à trois ans environ;
- la reproduction a lieu au printemps (avril-mai) et en automne (septembre-octobre);
- l'espérance de vie décroît régulièrement tout au long de la vie avec surtout une diminution nette entre l'âge de 1 an et celui de 2 ans (passage à l'état adulte);
- la mortalité est importante chez les jeunes; chez les adultes, elle est surtout élevée après les périodes de reproduction;
- les individus deviennent adultes et matures vers l'âge de 2 ans, mais leur taille varie selon la saison : D = 24,2 mm au printemps et D = 22,2 en automne.

INTRODUCTION :

Les Gastéropodes Pulmonés terrestres du genre *Elona* sont actuellement en voie de disparition, et sont regroupés en deux espèces : *Elona quimperiana* (De Ferussac, 1821), vivant en Bretagne, sur le littoral atlantique pyrénéen français et en Espagne dans la région de Santander (Vieille Castille) et *Elona pyrenaica* (Draparnaud, 1805) que l'on trouve dans les Pyrénées orientales françaises, la principauté d'Andorre et la région espagnole de Gérone (Catalogne).

E. quimepiana a pratiquement disparu des Pyrénées atlantiques et ne vit actuellement qu'en Bretagne. Sa répartition est strictement localisée à la Basse-Bretagne globalement située à l'ouest d'une ligne allant de Saint-Brieuc à Vannes (CHEVALLIER, LECOMTE, LUCAS et REAL, 1973). Cet escargot préfère, en Bretagne, les régions humides (900 à 1000 mm de précipitations par an), un certain relief (100 à 300 m d'altitude) et se trouve localisé à la forêt, puis plus à l'ouest à la lande.

Après avoir étudié la croissance et la longévité de *E. quimperiana* (DAGUZAN, 1982), il nous a paru intéressant d'effectuer des recherches sur l'écologie de cette espèce.

MATERIEL ET TECHNIQUES

1.- Récolte des animaux.

De mai 1977 à mai 1980, chaque mois, des prélèvements d'individus d'*Elona quimperiana* sont effectués, en Bretagne, dans la forêt de Lorge, située à 15 kilomètres environ au sud de Saint-Brieuc (Côtes du Nord) (Fig. 1).

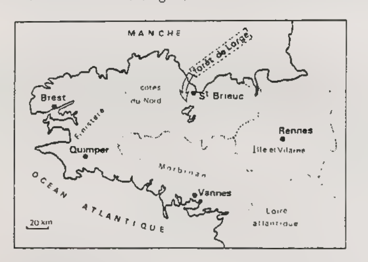


Fig. 1 - Situation géographique de la forêt de Lorge, en Bretagne.

2.- Mesures effectuées et marquage des escargots.

Le grand diamètre (D) de la coquille de chaque individu est mesuré sur le lieu même d'étude, à l'aide d'un pied à coulisse au 1/20è de millimètre. Chaque escargot mesuré est remis à l'endroit même de son prélèvement.

Enfin, chaque individu capturé ou recapturé est marqué à l'aide d'une petite pastille plastique colorée, numérotée de 0 à 99 et collée sur le bord du péristome de la coquille. La couleur de cette marque est différente pour chaque prélèvement.

3.- Critères d'appréciation de l'état de maturité sexuelle et de l'âge.

Comme nous l'avons déjà montré (DAGUZAN, 1982), il est possible de distinguer les individus adultes à péristome retourné (coquille bordée) des sujets jeunes à péristome non réfléchi (Tab. I)

Tableau I

Définition des classes de taille d'*Elona quimperiana* (De Ferussac) selon DAGUZAN, 1982.

<table>
<tr><th>Stades</th><th>Classes de taille (D en mm)</th><th>Age</th><th>Etat de maturité sexuelle</th></tr>
<tr><td>Jeunes (J_1)</td><td>| 6 - 21|</td><td>1ère année (0 à 9 mois)</td><td>Animaux non sexuellement matures</td></tr>
<tr><td>Sub-adultes (J_2)</td><td>|21 - 24|</td><td>1ère année (9 à 12 mois)</td><td>Animaux non matures avec tractus génital bien différencié</td></tr>
<tr><td>Adultes (A_1)</td><td>|24 - 27|</td><td>2ème année</td><td rowspan="2">Animaux matures avec tractus génital bien différencié</td></tr>
<tr><td>Adultes (A_2)</td><td>|27 - 30|</td><td>3ème année</td></tr>
</table>

RESULTATS ET DISCUSSION.

1.- Caractéristiques du biotope d'*Elona quimperiana*.

a) Le climat.

Le climat local est caractérisé par des hivers relativement froids (température moyenne en janvier - février : 3 à 6° C; neige fréquente) et des étés doux (température moyenne en juillet-août : 18 à 21° C), associés à une forte pluviométrie (1978 : 940mm, 1979 : 1010 mm). Il s'agit typiquement du climat que l'on rencontre dans cette région centrale de la Bretagne qui s'oppose à celui beaucoup plus doux de la frange littorale. En particulier, les précipitations y sont très fréquentes et très abondantes en hiver (plus de 120 mm/mois), tandis qu'une période de sécheresse s'installe en général de juin à octobre (Fig. 2).

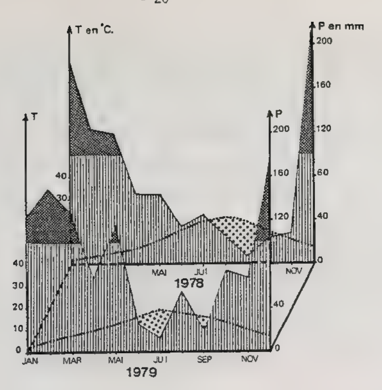


Fig. 2 - Diagrammes ombrothermiques obtenus pour la forêt de Lorge (Côtes du Nord) pour les années 1978-1979.

(en traits pleins : courbe de pluviosité; en tirets: courbe de température; en noir : lame de pluie supérieure à 100mm/mois; en hachurés : périodes non sèches; en pointillés : périodes sèches).

b) La végétation.

Elle se présente sous la forme d'un taillis-sous-futaie dont les réserves sont constituées surtout de chênes pédonculés (*Quercus robur*) (1) et d'un taillis de hêtres (*Fagus sylvatica*). Les strates inférieures ont un faible recouvrement : 10 % pour la strate arbustive inférieure où apparaissent le houx (*Ilex aquifolium*), le noisetier (*Corylus avellana*) et le chèvrefeuille (*Lonicera periclymenum*), 10 % pour la strate herbacée où domine la myrtille (*Vaccinium myrtillus*) et la ronce (*Rubus gr. fruticosus*) et seulement 1 % pour la strate muscinale.

Ce type de forêt peut être qualifié de chênaie-hêtraie pauvre à myrtille (CLEMENT GLOAGUEN et TOUFFET, 1975). Un relevé de végétation a été réalisé dans la zone d'étude, sur une surface d'environ 200 m², chaque espèce étant affectée d'un coefficient d'abondance-dominance de BRAUN-BLANQUET (Tableau II).

---

(1) La nomenclature adoptée est celle de *Flora europea* (TUTIN et coll., 1964, 1968, 1972, 1976, 1980) pour les plantes vasculaires, et celle de CORLEY et Coll.(1982) pour les Mousses.

Tableau II

Relevé de végétation effectué dans le secteur de la forêt de Lorge (Bretagne) correspondant au biotope préférentiel d'*Elona quimperiana* (De Ferussac).

Strate arborescente : 20 à 25 m
(recouvrement : 80 %)

Quercus robur	4
Quercus petraea	1
Fagus sylvatica	1
Hedera helix	+

Strate arbustive supérieure : 3 à 10 m
(recouvrement : 90 %)

Fagus sylvatica	5
Ilex aquifolium	1
Hedera helix.	1

Strate arbustive inférieure : 1 à 3 m
(recouvrement : 10 %)

Fagus sylvatica	1
Ilex aquifolium	1
Coryllus avellana	1
Lonicera periclymenum	1
Hedera helix	+

Strate herbacée : 40 cm
(recouvrement : 10 %)

Vaccinum myrtillus	2	*Polygonatum multiflorum*	+
Rubus gr. fruticosus	2	*Holcus mollis*	+
Pteridium aquilinum	1	*Succisa pratensis*	+
Molinia caerula	1	*Ilex aquifolium* (germ.)	+
Hedera helix	1	*Corylus avellana* (germ.)	+
Lonicera periclymenum	1	*Taxus baccata* (germ.)	+
Blechnum spicant	+	*Fagus sylvatica* (germ.)	+

Strate muscinale
(recouvrement. : 1 %)

Thuidium tamariscifolium	+
Polytrichum formosum	+
Rhytidiadelphus triquetrus	+
Eurhynchium praelongum	+
Eurhynchium striatum	+

(germ. : germination)

c) *Le sol.*

Sur le sol, la litière a une épaisseur de 1 à 2 cm, et est surtout constituée de feuilles de hêtre et de chêne pédonculé. L'humus est de type moder tendant vers le mor (C/N = 26,9 dans l'horizon A_{11}). Le sol est de type hydromorphe à pseudogley, sa description et quelques données analytiques sont présentées sur la figure 3 et le tableau III.

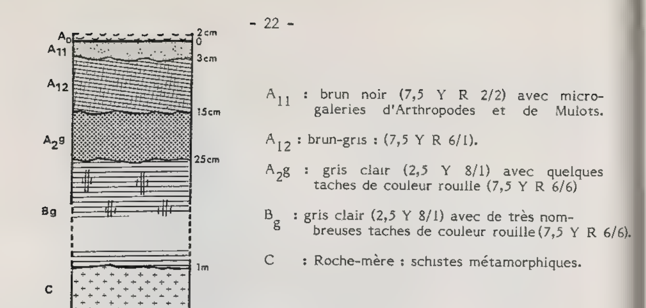


Fig 3 - Description du profil pédologique effectuée dans le biotope préférenteil d'*Elona quimperiana* (De Ferussac).

Tableau III

Principales données analytiques du profil pédologique réalisé dans le biotope préférentiel d'*Elona quimperiana* (De Ferussac).

Horizons / Paramètres	A_{11}	A_{12}	A_2	B_g
pH	3,6	3,6	4,3	4,9
Matière organique (%)	62,7	6,4	2,1	2,0
Carbone (%)	42,7	4,9	1,4	1,1
Azote (%)	1,59	0,14	0,06	0,06

Horizons / Paramètres	A_{11}	A_{12}	A_2	B_g
Argiles (%)	26,7	21,6	17,3	23,5
Limons fins (%)	20,5	32,5	30,5	26,0
Limons grossiers (%)	29,6	39,6	45,3	33,8
Sables fins (%)	7,7	5,0	5,2	7,8
Sables grossiers (%)	15,5	1,4	1,7	8,9

d) Habitat d'Elona quimperiana.

Les individus vivent, soit sous des tas de bois mort, soit au pied des chênes et des hêtres, parmi les mousses ou dans les galeries creusées par les mulots.

Le micro-climat qui y règne est caractérisé, d'une part par une température relativement stable et plus douce que la température ambiante, et d'autre part par une hygrométrie élevée (70 à 100 % Hr). La luminosité y est peu importante.

e) Activité des individus.

Les escargots présentent une activité surtout nocturne ou semi-nocturne. Au cours de la journée, ils restent le plus souvent inactifs, rétractés dans leur coquille. Cependant, si le ciel est nuageux et les températures moyennes (15 à 20° C), on note une faible activité des individus tout au long de la journée. Par contre, plus les températures sont élevées et plus leur activité diminue. Enfin, s'il pleut l'escargot sort de son état de quiescence et devient très actif.

Durant l'hiver, les individus hibernent, réfugiés surtout dans les galeries de mulots ou sous le bois mort. Cependant, ce phénomène n'affecte pas toute la population , mais essentiellement les jeunes.

Au cours de l'été, *Elona quimperiana* n'estive pas, sauf dans le cas de très fortes chaleurs, comme en juillet 1976 ou 48 % des jeunes et 44 % des adultes présentaient ce phénomène.

3.- Nourriture.

Elona quimperiana se nourrit surtout de champignons qui se développent sur le bois mort et de feuilles mortes (chêne, hêtre).

4.- Reproduction et cycle biologique.

Elona quimperiana présente deux périodes de reproduction par an, l'une au printemps (avril-mai) et l'autre en automne (septembre -octobre). Cet escargot devient adulte et mature à l'âge de 2 ans environ et les individus nouveau - nés ont, à l'éclosion, une coquille dont le grand diamètre D = 5,5 mm (DAGUZAN, 1982). Les pontes sont très difficiles à récupérer, car elles sont le plus souvent déposées profondément dans des micro-galeries, au pied des chênes et des hêtres, ou sous les tas de bois mort. Enfin, la vitesse de croissance est très variable selon les individus et la saison considérée (DAGUZAN, 1982).

5.- Distribution spatiale.

Les divers individus montrent un mode de distribution spatiale de type en "agrégats" très marqué, en relation probablement avec le mode de reproduction de l'espèce.

6.-Fluctuations de l'effectif de la population au cours de l'année.

Quelle que soit l'année considérée, on constate que la population étudiée en forêt de Lorge reste en équilibre avec un effectif d'environ 35 à 40 individus.
Cependant, on enregistre parfois des variations importantes; ainsi, on note toujours un maximum d'individus, d'une part en mai-juin, et d'autre part en octobre, en relation avec

l'apparition des jeunes (Fig. 4). De plus, à la suite de la période de froid exceptionnel enregistrée en décembre 1978 et janvier 1979 (moyenne des minima : - 2° C), la mortalité est particulièrement élevée. Enfin, au cours de l'année 1979, la reproduction des individus étant faible pour des causes difficiles à établir, l'effectif de la population diminue légèrement; cependant, par la suite, en 1980, le nombre d'individus est à nouveau identique à celui de 1978.

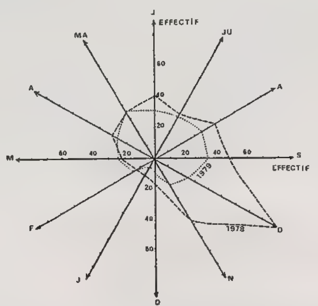


Fig. 4 - Variations de l'effectif de la population d'*Elona quimperiana* (de Ferussac) au cours des années 1978 et 1979.

7.- Structure et évolution démographique.

De juin 1978 à mai 1980, des prélèvements sont effectués tous les mois, au niveau de 3 tas de bois mort (chêne et hêtre) proches les uns des autres, ayant chacun une hauteur de 1 m, une largeur de 1 m et une surface au sol de 2 m². Les morceaux de bois de chaque tas sont examinés soigneusement un par un afin de récupérer et de dénombrer les individus d'*Elona quimperiana* qui sont alors mesurés, puis remis à leur emplacement initial. Ainsi, il est possible de suivre l'évolution de la population au cours de cette période (Fig. 5).

Les formes juvéniles apparaissent par vagues successives, de mars à juillet, puis d'octobre à décembre, périodes faisant suite aux reproductions printanière et automnale, et variant selon les conditions climatiques. De plus, on note que peu d'individus vivent plus de 2 ans (D $>$ 27 mm).

Lorsque l'on étudie l'évolution de la structure de la population au cours des années 1978 et 1979 (Fig. 6), on remarque que les jeunes individus sont largement dominants en 1978 (75 à 98 %), mais ils sont minoritaires en 1979 (5 à 38 %). Ce phénomène est à mettre en relation, comme nous l'avons déjà dit, avec la période de froid exceptionnelle de l'hiver 1978-1979 qui affecte surtout l'effectif des jeunes. Enfin, les individus adultes âgés de plus de 2 ans sont très peu nombreux.

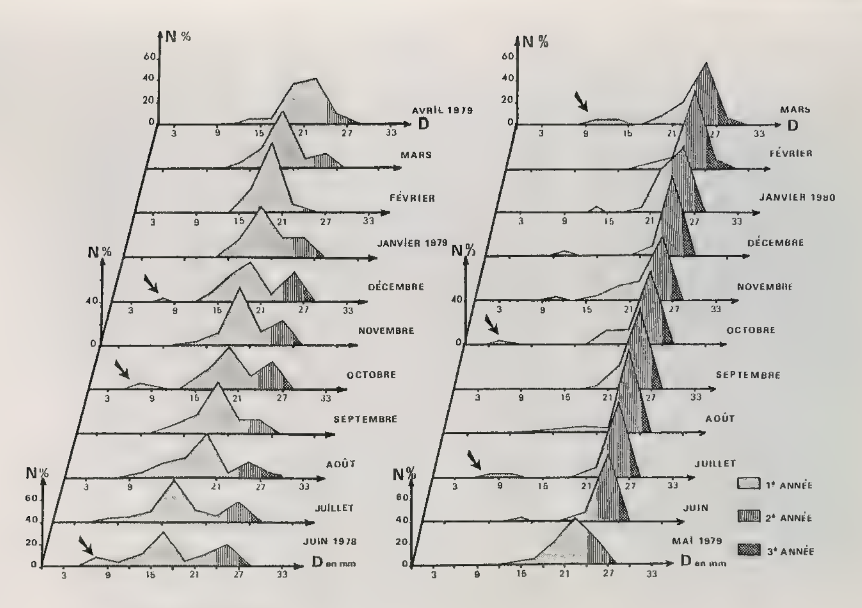


Fig. 5 - Evolution de la population d'*Elona quimperiana* (De Ferussac) au cours de la période de juin 1978 à mars 1980

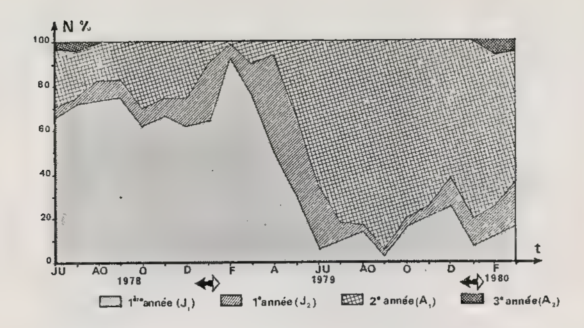


Fig. 6 - Evolution de la structure de la population d'*Elona quimperiana* (De Ferussac) vivant en forêt de Lorge, au cours de la période s'étalant de juin 1978 à mars 1980.

8.- Table de mortalité et courbe de survie théoriques en conditions semi-naturelles.

Grâce à la technique de capture, marquage et recapture réalisée dans la forêt de Lorge dans un parc expérimental, durant 3 années consécutives, il est possible d'établir la table de mortalité d'*Elona quimperiana* à partir des données concernant 193 individus (Tabl.IV).

Le parc aménagé au sein même de la forêt, d'une surface de 25 m² (5m x 5m), présente des parois verticales de contreplaqué "marine", d'une hauteur de 50 cm au-dessus du sol, surmontées d'une gouttière plastique contenant de l'eau afin d'éviter la fuite éventuelle des animaux et l'apport des prédateurs (1). Dans ce parc, se trouvent trois tas de bois mort (chêne et hêtre) servant d'abris pour les escargots.

La durée de vie moyenne est donc de 2 ans environ. A partir de cette table de mortalité, il est possible de tracer la courbe de survie théorique de *Elona quimperiana* (Fig. 7).

Ainsi, cette courbe de survie convexe, de type "negatively skew rectangular" montre que tous les individus ont à peu près la même durée de vie et meurent à peu près tous ensemble vers l'âge de 2 ans et demi.

---

(1) Nous tenons à remercier Monsieur THEPAUT, garde-chasse de la forêt de Lorge, qui a bien voulu s'occuper de la surveillance et de l'entretien de ce parc.

Tableau IV

Table de mortalité pour le Gastéropode Pulmoné *Elona quimperiana* (De Ferussac) d'après une étude de capture-marquage et recapture réalisée dans un parc expérimental situé dans la forêt de Lorge, en Bretagne, durant la période de mai 1977 à avril 1980;

Stades	Classe de taille (D en mm)	Valeur centrale de classe (D_i en mm)	Age moyen des individus (x)	Nombre de survivants (S_x)	Nombre de morts (d_x)	Quotient de mortalité $q_x = (d_x/S_x) \times 100$	Age en % de déviation par rapport à la durée moyenne de vie.
Jeunes (J_1)	[6 - 9 [	7,5	2 mois	193	2	1,03	- 91,7
	[9 - 12 [	10,5	3 mois	191	4	2,09	- 87,5
	[12 - 15 [	13,5	4 mois	187	6	3,21	- 85,4
	[15 - 18 [	16,5	5 mois	181	12	6,63	- 79,2
	[18 - 21 [	19,5	6 mois	169	25	14,79	- 75,0
Sub-adultes (non matures) (J_2)	[21 - 24 [	22,5	1 an	144	42	29,17	- 50,0
Adultes (matures) A	[24 - 27 [	25.5	2 ans	102	99	97,06	0
	[27 - 30 [	28,5	3 ans	3	3	100,00	+ 50,0

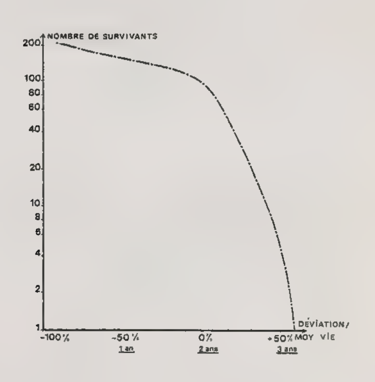


Fig. 7 - Courbe de survie établie pour le Gastéropode Pulmoné *Elona quimperiana* (De Ferussac) vivant dans un parc expérimental en forêt de Lorge (Bretagne) (n = 193)

9.- Variations de la taille correspondant au passage à l'état adulte, et de la taille maximale des adultes eu cours de l'année.

Si l'on essaie de suivre l'évolution du grand diamètre (D) de la coquille de la population d'*Elona quimperiana* vivant à l'état naturel sous les différents tas de bois mort (Fig. 8), on note que :

-- la taille correspondant au passage de l'état juvénile immature à l'état adulte mature varie selon les différents mois de l'année; elle est maximale au printemps (M = 24,2 mm) et minimal en automne (m = 22,2 à 22,8 mm)

-- la taille maximale des adultes varie tout au long de l'année; elle atteint les plus grandes valeurs au cours de l'été (M > 27 mm) alors qu'elle est beaucoup moins élevée en hiver (m = 24,5 à 25,3 mm)

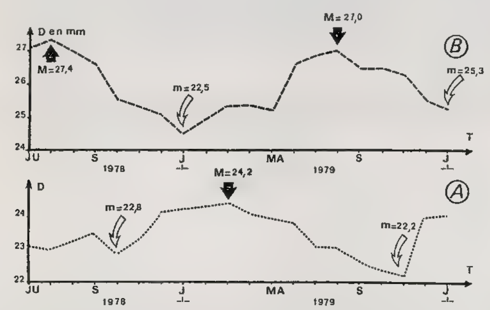


Fig. 8 - Evolution du grand diamètre (D) de la coquille d'*Elona quimperiana* (De Ferussac) vivant en forêt de Lorge, au cours de la période s'étalant de juin 1978 à janvier 1980

A : Evolution de la taille correspondant au passage de l'état juvénile à celui d'adulte.

B : Evolution de la taille maximale des adultes.

Ainsi, du printemps à l'automne, la taille de la coquille des individus devenant adultes, est de plus en plus petite, phénomène à mettre en relation peut-être avec les conditions climatiques et lumineuses plus favorables.

De plus, on constate que les adultes les plus âgés (D > 27 mm) se reproduisent au printemps, puis meurent. Seuls les adultes les plus jeunes (24,0 mm ⩽ D ⩽ 25,5 mm) sont capables de résister au froid durant l'hiver.

10.- Courbes réelles de survie de cohortes nées à différentes périodes de l'année.

Etant donné que la courbe de survie précédente obtenue grâce au suivi d'une population vivant en semi-captivité dans le parc expérimental, ne tient pas compte de l'impact de la prédation et surtout de celle exercée par l'insecte Coléoptère *Carabidae* : *Chrysocarabus auronitens subfestivus* (Carabe à reflet d'or) (BOEUF et TIBERGHIEN, 1985), il nous a paru intéressant de suivre les survies de 2 cohortes nées, l'une au printemps et l'autre en automne 1977.

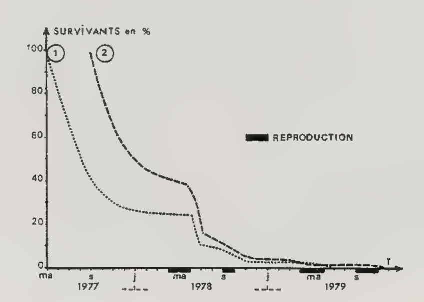


Fig. 9 - Courbes de survie de 2 cohortes d'*Elona quimperiana* (De Ferussac) suivies dans la forêt de Lorge (Bretagne) de 1977 à 1979.

Quelle que soit la cohorte considérée, l'allure de la courbe de survie est la même. On enregistre tout d'abord une forte mortalité juvénile, puis une certaine stabilité de l'effectif durant l'hiver et le printemps, et enfin une mortalité à nouveau importante en été. Ce phénomène peu visible dans le parc expérimental protégé des prédateurs, est très net dans cette étude, et montre combien la prédation et surtout celle exercée par les Carabes, peut être importante au niveau des jeunes escargots.

Enfin, quelle que soit la cohorte, on constate que la longévité d'*Elona quimperiana* est de 2 ans environ, et que les adultes meurent après la reproduction : en juin pour les individus nés 2 ans avant au printemps et en novembre pour ceux éclos en automne.

CONCLUSION.

A la suite de cette étude sur l'écologie d'*Elona quimperiana*, il est possible de dégager un certain nombre de faits originaux.

Elona quimperiana est inféodé, en Bretagne, aux régions humides présentant un certain relief (100 à 300 m d'altitude). Son biotope préférentiel correspond au-dessous des tas de bois mort de feuillus (hêtre et chêne). Durant l'hiver, seule une partie de la population, correspondant aux jeunes individus, hiberne. Par contre, durant la période estivale, le phénomène d'estivation est exceptionnel.

La longévité de ce Pulmoné est de deux ans et demi à trois ans environ, la mortalité étant importante chez les jeunes et chez les adultes après les deux périodes de reproduction (avril-mai; septembre-octobre). De plus, la taille correspondant au passage de l'état juvénile immature (sub-adulte) à l'état adulte mature, varie selon les différents mois de l'année : elle est maximale au printemps et minimale en automne.

Enfin, cette étude devrait contribuer à une meilleure connaissance de cet escargot protégé intégralement sur l'ensemble du territoire français (Journal officiel du 12 mai 1979) et vivant actuellement uniquement en Bretagne occidentale.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

BOEUF, G. et TIBERGHIEN,G., 1985 - Le carabe à reflet d'or dans le massif armoricain. *Pen Ar Bed*, 118, 117-125.

CHEVALLIER, H., LECOMTE, V., LUCAS,A. et REAL, G., 1973.- Cartographie des Mollusques actuels de la France. *Haliotis*, 3, 195-198.

CLEMENT, B., GLOAGUEN, J.C. et TOUFFET, J., 1975.- Contribution à l'étude phytosociologique des forêts de Bretagne. *Colloques phytosociologiques III.* J. CRAMER, Vaduz, 53-72.

CORLEY, M.F.V., CRUNDWELL, A.C., DULL, R., HILL, M.O. et SMITH, A.J.E., 1982.- Mosses of Europe and the Azores; an annotated list of species, with synonyms from the recent literature. *J. Bryol .*, 11, 609-689.

DAGUZAN, J., 1982.- Contribution à l'étude de la croissance et de la longévité de *Elona quimperiana* (De Ferussac) (Gastéropode Pulmoné Stylommatophore) vivant en Bretagne occidentale. *Malacologia*, 22, n° 1-2, 385-394.

TUTIN, T.G., HEYWOOD, V.H., BURGES, N.A., MOORE, D.M., VALENTINE, D.H., WALTERS, S.M. et WEBB, D.A., 1964, 1968, 1972, 1976, 1980.-*Flora europaea.* University Press, Cambridge, 464, 455, 370, 505 et 452 pp.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 31 à 39

CONTRIBUTION A L'ETUDE DU PARASITISME DE L'ESCARGOT PETIT-GRIS (*HELIX ASPERSA Müller*) : PREMIERS RESULTATS CONCERNANT L'ACARIEN *RICCARDOELLA LIMACUM* (Schrank) ET LE NEMATODE *ALLOIONEMA APPENDICULATUM* (Schneider)

par

Serge MORAND et Jacques DAGUZAN
Laboratoire de Zoologie générale et d'Ecophysiologie (L.A. INRA)
UNIVERSITE DE RENNES I, Campus de Beaulieu
Avenue du Général Leclerc, 35042 RENNES-CEDEX.

ABSTRACT : Contribution to the study of parisitism in the brown garden snail (*Helix aspersa* Müller) : first results relating to the slug mite *Riccardoella limacum* (Schrank) and the nematode *Alloionema appendiculatum* (Schneider).

Two organisms are frequently associated with the brown garden snail (*Helix aspersa* Müller) in breeding farms. The first, the slug mite *Riccardoella limacum* (Schrank), is an ectoparasite. It enters the pulmonary chamber and feeds on the haemolymph. It does not cause death of the host but a heavy infestation inhibits growth of the youngest snails.

The second, the free-living nematode *Alloionema appendiculatum* (Schneider), is a bacteriophage. Occasionally, depending on the environmental conditions, it can be found in the muscles of the foot in an encysted form. It inhibits growth and results in the death of *Helix aspersa*.

RESUME :Deux organismes sont fréquemment associés à l'escargot Petit-gris (*Helix aspersa* Müller) en Héliciculture. Le premier, l'Acarien des Limaces, *Riccardoella limacum*(Schranck), est un ectoparasite. Il pénètre dans la cavité pulmonaire de l'escargot pour prélever l'hémolymphe de son hôte. Il peut ralentir de façon importante la croissance des escargots juvéniles.

Le second, le Nématode libre, *Alloionema appendiculatum* (Schneider), est un bactériophage. Selon les conditions du milieu, il se retrouve dans les tissus musculaires du pied de l'escargot, sous forme enkystée. Il agit fortement sur la croissance et entraîne une mortalité élevée des Gastéropodes infestés.

INTRODUCTION.

Tout organisme vivant possède sa propre cohorte de prédateurs et de parasites. Ainsi, les Mollusques terrestres et, en particulier, l'escargot Petit-gris (*Helix aspersa* Müller) n'échappent pas à cette constante. Paradoxalement, malgré l'importance considérable des Gastéropodes terrestres, on ne connaît que peu de choses sur leur biocènose parasitaire.

Dans cette étude, nous nous intéressons à deux espèces associées à *Helix aspersa* :
- Un ectoparasite : l'Acarien *Riccardoella limacum* (Schranck);
- Un endoparasite : le Nématode *Alloionema appendiculatum* (Schneider).

Nous rappelons, pour chacune de ces espèces, les éléments de leur cycle et de leur biologie, et présentons leur impact éventuel sur l'escargot Petit-gris en élevage.

L' ACARIEN ECTOPARASITE : *RICCARDOELLA LIMACUM* (Schranck). (Photo 1).

Riccardoella limacum, Acarien Trombidiforme, appartient à la famille des *Ereynetidae*. BAKER (1970) complète la description commencée par TURK et PHILLIPS (1946), et reconnaît trois stades nymphales (Protonymphe, Deutonymphe, Tritonymphe). Il distingue les mâles des femelles par la chaetotaxie de la région circumgénitale (Photo 2). *R. limacum* infeste un

très grand nombre de Gastéropodes terrestres, trente espèces selon TURK et PHILLIPS (1946). Certains auteurs ont longtemps supposé que cet Acarien consommait le mucus de son hôte (ANDRE et LAMY, 1930). Cette observation est confortée par TURK et PHILLIPS (op. cit.) qui se basent sur la structure de l'appareil buccal de type prédatgeur (Photo 3). Cependant, BAKER (1970b) montre très clairement que l'Acarien se nourrit d'hémolymphe en produisant un tube d'alimentation ou "stylostome" (produit de l'activité des glandes salivaires) dans les tissus du pneumostome de son hôte (Photo 4).

1.- Etude en milieu naturel .

a) Matériel et méthode :

Cette étude est effectuée en Bretagne dans un jardin de la région de Paimpont (Ille-et-Vilaine). L'effectif des adultes bordés de la population de Petits-gris est estimé à 540 individus grâce à une technique de capture-marquage-recapture (MORAND, 1983).

Sur la population complète d'escargots, nous procédons à :

- une collecte d'échantillon de 407 individus dont nous mesurons le grand diamètre de la coquille, permettant ainsi d'estimer la structure de taille de la population,
- un inventaire des escargots visibles sur le terrain : pour chaque individu nous notons la taille de la coquille et le nombre d'Acariens sur le corps de chaque animal.

Grâce à ces mesures, nous envisageons d'estimer la répartition des Acariens au sein de la population de Petits-gris. Nous réalisons deux inventaires de ce type, portant respectivement sur 486 et 757 escargots.

b) Résultats.

* Structure de taille de la population d'escargots Petits-gris étudiée.

L'échantillon prélevé de 407 individus permet d'estimer la structure de taille de la population d'escargots (Fig. 1).

On note que la majorité des escargots correspond à des juvéniles dont la taille du grand diamètre de la coquille est comprise entre 8 et 16 mm.

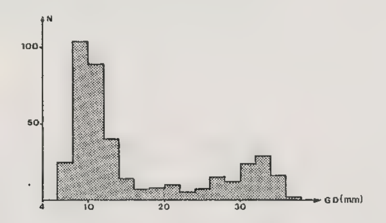


Fig. 1 - Répartition des tailles du grand diamètre (G.D.) de la coquille des individus de la population d'escargots Petits-gris (*Helix aspersa* Müller) récoltés le 24.7.83 (N = 407 individus

* Distribution de l'Acarien *Riccardoella limacum* au sein de la population d'*Helix aspersa*.

On note tout d'abord la position topographique et le nombre des escargots capturés (17.7.83 et 7.8.83), infestés ou non par des Acariens visibles sur le corps (Fig.2). Les individus parasités ne représentent apparemment que 4 % de la population, avec un nombre moyen de 4 Acariens visibles extérieurement par individu; taux inférieur , très certainement, à la réalité car certains Acariens peuvent être réfugiés dans le pneumostome.

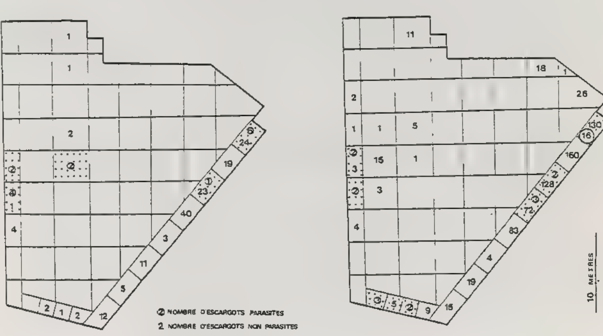


Fig. 2 - Répartition des individus d'*Helix aspersa* Müller contaminés ou non par *Riccardoella limacum* dans un jardin de la région de Paimpont (17.7.83 et 7.8.83)
(les carrés en pointillés correspondent aux zones de présence d'escargots parasités).

Les escargots parasités sont essentiellement des individus de grande taille (Fig.3) pourtant minoritaires dans la population. La distribution de l'Acarien au sein de la population de Petits-gris semble hétérogène, tant dans la localisation spatiale qu'au sein de la structure de taille.

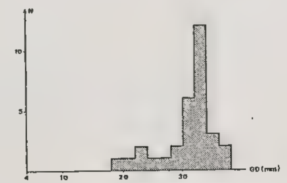


Fig. 3 - Structure de la population d'*Helix aspersa* Müller infestée par *Riccardoella limacum* (Schranck).

Une critique immédiate peut venir à l'esprit : l'observation du parasitisme circonscrit à la seule visibilité de l'Acarien se déplaçant sur son hôte, hors du pneumostome est-elle une bonne estimation ?

* Activités de *Riccardoella limacum* sur son hôte *Helix aspersa.*

Nous enregistrons l'activité de 60 escargots parasités par *R. limacum* pendant 24 heures. En parallèle, nous notons le nombre d'Acariens visibles se déplaçant sur le corps de chaque animal. Les conditions environnementales sont : température 20°C, Hygrométrie 80 % Hr, 12 h jour/12 h nuit.

L'activité de l'Acarien, déplacement sur le corps, hors du pneumostome, est plus importante lors du repos de l'escargot (Fig. 4), remarque dont nous avons tenu compte lors de nos relevés en milieu naturel. Il est évident que cette méthode ne permet pas d'évaluer dans l'absolu le taux exact d'infestation, mais elle a l'avantage de conserver intact la population étudiée.

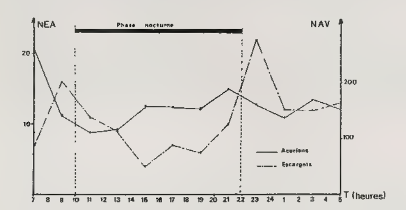


Fig. 4 - Dénombrement des Acariens et des escargots actifs au cours d'un cycle de 24 heures
N A V : Nombre d'Acariens visibles; N E A : Nb d'escargots actifs.

c) Discussion.

L'hétérogénéité de distribution de l'Acarien au sein de la population *Helix aspersa* peut éventuellement s'expliquer par le mode d'infestation qui se ferait préférentiellement par contact entre Mollusques, bien que les Acariens puissent vivre jusqu'à 6 jours en dehors de l'hôte, mais sans grande capacité de déplacement (MORAND, 1983). L'infestation se ferait à partir d'un individu parasité et se propagerait à ses propres congénères (Fig. 2). Les juvéniles d'escargots ne semblent pas partager les mêmes aires du biotopes que les adultes, ils se retrouvent dans les strates supérieures du couvert végétal ou de tout autre support. On peut donc supposer que les chances d'infestation augmenteraient une fois la croissance achevée au moment de l'entrée dans les aires de déplacement des adultes. Il est évident que ces commentaires ne sont que supposition de notre part et mériteraient une étude beaucoup plus approfondie.

2.- Impact de *Riccardoella limacum* sur des juvéniles d'escargots en élevage.

a) Matériel et méthodes.

Six cent escargots nouveau-nés sont répartis dans 6 boîtes d'élevage (17 x 11 x 6 cm) dont les fonds sont recouverts de mousse synthétique humidifiée. Les individus sont nourris avec de l'aliment composé pour escargots "Sanders". Les enceintes sont disposées dans un box contrôlé (température - 20°C, humidité : 80% Hr; 12 h jour/12 h nuit. On dépose dix acariens dans trois boîtes; les trois autres servent de témoin. Régulièrement, les escargots sont comptés et pesés (mortalité et croissance), on dénombre en outre le nombre d'escargots infestés ainsi que le nombre d'Acariens visibles.

b) Résultats.

Après une période de 2 mois pendant lesquels les Acariens sont peu nombreux, on assiste à une véritable explosion démographique et plus de 1000 Acariens sont recensés au bout de 3 mois (Fig. 5).

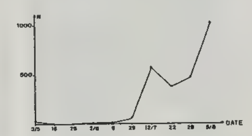


Fig. 5 - Evolution de la population d'Acariens visibles sur les juvéniles d'*Helix aspersa* Müller. (du 3 ami au 5 août 1983).

L'impact de cet Acarien sur la mortalité des jeunes escargots semble être nul (Fig. 6a). Par contre, la présence de l'Acarien paraît ralentir de manière sensible mais non catastrophique la croissance des juvéniles (Fig. 6b).

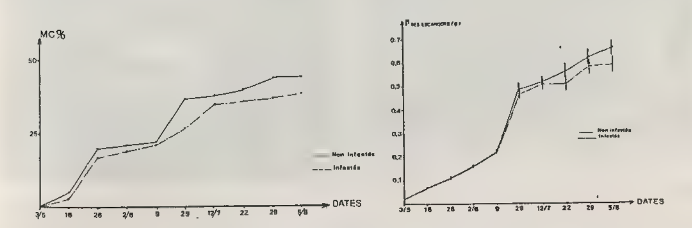


Fig. 6 a et b.- Croissance d'individus (6a) et Evolution de la mortalité cumulée d'individus (6b) d'*Helix aspersa* infestés ou non par *R. limacum*, depuis la naissance jusqu'à l'âge de 3 mois et en conditions expérimentales (20°C; 80% Hr, 12h jour/12h nuit).

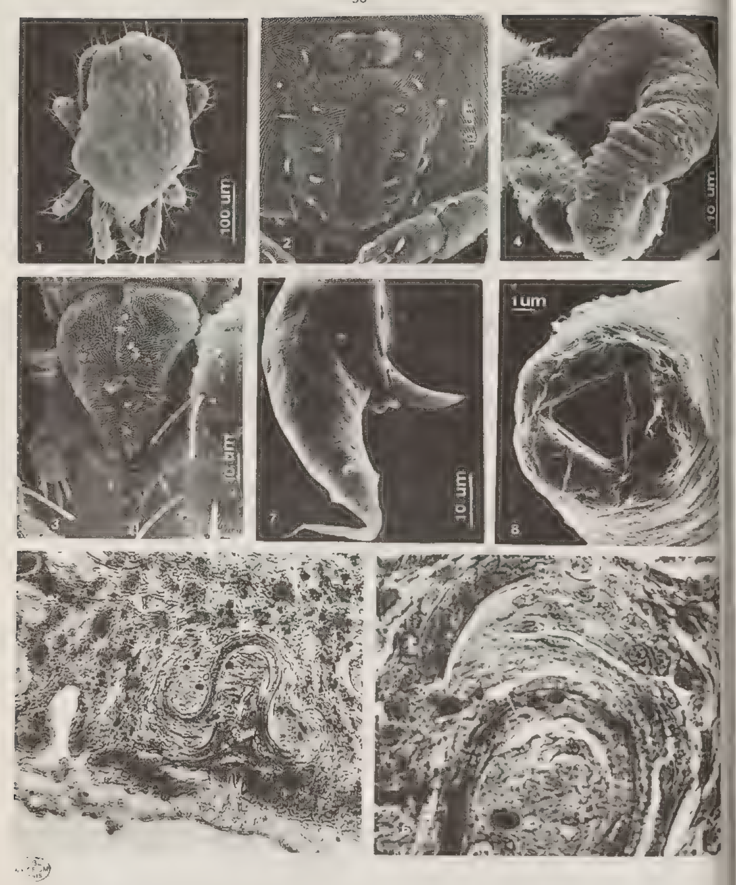


Photo 1 à 4 : L'Acarien *Riccardoella limacum* Schrank. 1 : vue générale, 2 : vue de la région génitale, 3 : vue de la région buccale, 4 : extrémité de l'appareil buccal (noter le produit de l'activité des glandes salivaires).

Photo 5 à 8 : Le Nématode *Alloionema appendiculatum* Schneider. 5 : Coupe au niveau du pied du Mollusque mettant en évidence le Nématode (G x 10), 6 : détail du Nématode enkysté (N) et de la réaction tissulaire de l'hôte (RT) (G x 50), 7 : vue postérieure du Nématode mâle (génération libre), 8 : vue apicale d'un Nématode mâle.

Ce résultat semble confirmer l'hypothèse de BAKER (1970b) sur l'action spoliatrice de l'Acarien qu'il faut, tout de même, ramener à sa juste proportion dans le cas d'*Helix aspersa*.

LE NEMATODE *ALLOIONEMA APPENDICULATUM* Schneider.

Alloionema appendiculatum, Nématode *Rhabditoidea* de la famille des*Alloionematidae* (ANDRASSY, 1983), a fait l'objet de plusieurs travaux (CLAUS, 1968; MENGERT, 1953), mais pourtant de nombreux points de sa biologie restent obscurs. D'après ces auteurs, il y aurait alternance de générations parasites et de générations libres (dont le cycle est de 3 jours et demi). Ce Nématode bactériophage lors des phases libres présente comme beaucoup de Rhabditides une forme d'attente ou larve de résistance (Dauerlarvae, larve de 3ème stade incluse dans la mue du 2ème stade). Cette Dauerlarvae peut être ingérée par un Mollusque et se loger dans les tissus musculaires du pied. (Photo 5 et 6). Elle continue son développement selon deux modalités.
- à la mort du Gastéropode et sur le cadavre de celui-ci;
- ou perforer le tégument du Mollusque pour donner une forme géante adulte (observée par nous-même chez *Arion ater* mais non chez *Helix aspersa* qui engendre la nouvelle génération libre (forme petite).(Photo 7 et 8).

Les déterminismes de ces formes sont inconnus de même que le mode d'infestation du Mollusque par la Dauerlarvae : "Information is needed an how encysted larvae, enter the slug" (MAGGENTI, 1981).

1.- Extraction des Nématodes enkystés, et développement sur le cadavre d'un *Helix aspersa*.

L'extraction des Nématodes enkystés est obtenue par dilacération des tissus du Mollusque. Ces tissus sont ensuite déposés dans un entonnoir placé sur un erlenmeyer rempli d'eau. Les larves quittent leur ex-hôte et sont récupérées dans l'erlenmeyer au bout de 24 heures.

Nous estimons le nombre de Nématodes se développant après la mort d'un escargot infesté à : 24.000 adultes et 41.000 larves. Ces Nématodes sont obtenus à partir de larves enkystées au terme de l'utilisation directe de la matière organique morte de chaque escargot.

2.- Impact du Nématode sur des juvéniles Petits-gris en élevage.

Alloionema appendiculatum , très fréquent en élevage, est parfois associé à d'importantes mortalités observées en élevage lors des périodes de nurserie des escargots.

a) Matériel et méthodes.

Le protocole est identique à celui présenté pour l'Acarien *R. limacum*, soient 300 escargots infestés par des Nématodes directement déposés dans les mousses, 3 lots de 100 escargots non infestés servent de témoins. On note mortalité et croissance.

b) Résultats.

Les escargots soumis à l'infestation présentent une mortalité plus élevée (Fig.7a) et une croissance ralentie (Fig. 7b) par rapport aux témoins.

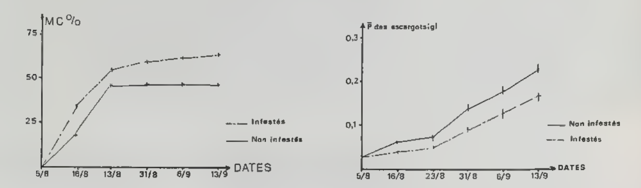


Fig. 7a et 7b.- Evolution de la mortalité cumulée (Fig. 7a) et croissance (Fig. 7b) d'individus d'*Helix aspersa* Müller, infestés ou non, par *A. appendiculatum* depuis leur éclosion jusqu'à l'âge de 39 jours, en élevage contrôlé (20° C; 80 % Hr; 12 h jour/ 12 h nuit).

A. appendicatum semble induire une surmortalité notable des Mollusques, mais il faut remarquer que l'expérience est conduite dans des conditions particulièrement défavorables pour les escargots : enceintes d'élevage non entretenues (excepté le renouvellement de l'aliment), milieu particulièrement défavorable à une bonne croissance des juvéniles. Cette espèce peut facilement être combattue par des nettoyages réguliers et désinfection du matériel d'élevage.

CONCLUSION.

L'Acarien *R. limacum* ne semble pas dommageable à son hôte *Helix aspersa*, bien que d'autres Mollusques soient sensibles à sa présence (BADIE et RONDELAUD, 1985). Par contre, le Nématode *A. appendiculatum* peut, dans certaines conditions, induire la mortalité et une baisse de croissance des jeunes escargots. La rareté des travaux sur cette espèce explique les lacunes concernant sa biologie : le cortège bactérien, la formation des Dauerlarvae, l'alternance des générations; ces points feront l'objet de notre future attention, d'autant plus que ce Nématode est à la charnière du parasitisme des Mollusques et de la lignée des *Secernentea*.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

ANDRASSY, I. 1983.- A Taxanomic review of the suborder *Rhabditina* (*Nematoda Secernentea*) Ed. ORSTOM, Paris, 241 p.

ANDRE, H. et LAMY, E., 1930.- Les Acariens parasites des Mollusques. *Journ. Conchyol.* 74, 199 - 221; 75 : 332-327

BADIE, A. et RONDELAUD, D., 1985.- L'infestation des Mollusques *Zonitidae* par *R. limacum*, à propos de quelques données épidémiologiques. *Congr. Nat. Soc. Fr. de Parasitologie*, RENNES, sous-presse.

BAKER, R.A., 1970a.- Studies on the life history of *R. limacum* Schrank. (Acari Trombidiformes) *J. Nat. Hist.*, 4 : 511-519.

BAKER, R.A., 1970b.- The food of *R. limacum* Schrank (Acari Trombidiformes) and its relation s ship with Pulmonate Molluscs. *J. Nat. Hist.*, 4 : 521-530.

CLAUS, C., 1968.- Beobachtungen über die Organikzation und Fortpflanzung von *Leptodera appendiculatum*. *Schr. Ges. Bef. Naturw.* Marburg, 9, 3, 24 p.

MAGGENTI, A., 1981.- General Nematology, New York., 372 p.

MENGERT, H., 1953.- Nematoden un Schnecken., *Z. Morph. U. Okol. Tiere.*, 41 : 311-349.

MORAND, S., 1983.- Recherches préliminaires sur quelques cas de prédation et de parasitisme observés chez l'escargot Petit-gris *Helix aspersa*, (Mollusques Gastéropodes Pulmonés). D.E.A. Ecologie, Université de RENNES I, 40 p.

TURK, F.A. et PHILLIPS, S.H., 1946.- A Monograph of the slug Mite *R. limacum* Schrank. *Proc. Zool. Soc. Lond.*, 115 : 448 - 472

SCHNEIDER, A., 1866.- Monographie der Nematoden, Berlin, 357 p.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 41 à 49

CYCLOPE NERITEA (LINNE 1758) : GASTEROPODE PROSOBRANCHE NOUVELLEMENT IMPLANTE SUR LES COTES DE CHARENTE-MARITIME; ETHOLOGIE, STRUCTURE DE LA POPULATION

par

Michel BOULHIC* et Jean TARDY**

* *IFREMER BREST, B.P. 337 - 29273 BREST CEDEX*

** *Laboratoire de Biologie et Biochimie Marines IUT - 17026 LA ROCHELLE Cedex.*

ABSTRACT.

Cyclope neritea was discovered during an impact study of the intertidal area of Rivedoux (Ile de Ré). The behaviour and structure of this recently discovered population and of its possible impact of the local fauna was investigated during february - june 1985.
The general behaviour of this population is the same as the one described for the Black Sea by Gomoïu (1964) and for the southern part of the French Atlantic coast (Morton, 1960).
The structure of the population shows that recruitment is almost continuous from January to october and that there is probably no recruitment during november and december.
Finally, there is no competition with *Nassarius* because they are not found on the same area on the shore.

RESUME.

La découverte, lors d'une étude d'impact, de *Cyclope neritea* sur l'estran de Rivedoux (Ile de Ré) a fait l'objet d'un suivi de février à juin 1985 afin de déterminer le comportement et la structure de cette population ainsi que l'éventuel impact de ce nouvel arrivant sur la faune locale.

le comportement général de cette population s'est révélé conforme à celui décrit en Mer Noire par Gomoïu (1964) et sur la côte basque par Morton (1960).

La dynamique de la population montre que le recrutement est quasi continu de janvier à octobre avec un arrêt probable en novembre décembre.

Enfin, il n'est pas apparu pour l'instant de concurrence avec les Nasses car cellex-ci n'occupent pas, sur ce site, la même aire de répartition.

INTRODUCTION.

C'est à la suite d'une étude d'impact réalisée à Rivedoux (Ile de Ré) que Portères (1984) découvrit un Gastéropode de la famille des Nassariidés, *Cyclope neritea* (Linné, 1758), espèce connue pour sa répartition surtout méridionale.

Ce Mollusque est présent depuis 1950 au moins dans la région de Saint-Jean de Luz (Kisch, 1950). Il semble en progression vers le nord puisqu'il s'établit dans le bassin d'Arcachon pendant l'année 1977 (Bachelet *et al.* 1980) avant d'apparaître à Rivedoux en 1984.

Concernant les côtes Atlantiques, la Charente Maritime devient à notre connaissance la limite la plus septentrionale de *C. neritea*. Se pose alors en terme d'équilibre biogéographique le problème de l'introduction de cette nouvelle espèce : avons-nous affaire à une forme pionnière dans une niche écologique vide ? Au contraire, devrions-nous observer une quelconque compétition entraînant une ou des modifications des paramètres biologiques ?

Cette étude essaie d'apporter certains éléments de réponse et sera dirigée en cela suivant deux directions :

- Observations sur le terrain et au laboratoire de différents aspects éthologiques.
- Dynamique des populations : analyse de cohortes à l'aide d'outils mathématiques.

MATERIEL ET METHODE.

Comme pratiquement tous les individus de la famille des Nassariidés, le Gastéropode Prosobranche *Cyclope neritea* se rencontre aussi bien enfoncé dans le substrat meuble que rampant à sa surface.

Le moyen de capture utilisé consiste à prélever du sédiment, puis à le tamiser dans un courant d'eau. Cette technique permet de récolter aussi les Coques (*Cerastoderma edule*) sur lesquelles sont habituellement fixés les oeufs de *Cyclope neritea*. Les animaux sont alors mesurés à l'aide d'un pied à coulisse suivant la plus grande dimension de la coquille. Le travail a lieu directement sur le terrain, les Gastéropodes étant replacés ensuite dans le milieu.

Afin de caractériser celui-ci, une étude granulométrique fut réalisée selon des méthodes classiques.

Pour chaque période d'échantillonnage, les histogrammes ont révélé une distribution polymodale de la taille : c'est pourquoi nous avons entrepris d'analyser ces populations par la méthode de Harding (1949, améliorée par Cassie, 1954), ainsi que par la méthode de Bhattacharya (1967).

LE MILIEU D'ETUDE.

La plage de Rivedoux est située au sud-est de l'île de Ré. L'amplitude de marée y est forte, alors que les courants s'atténuent dans la baie permettant une sédimentation.

A marée basse, l'estran se caractérise par une faible pente (1 %) où s'écoulent des esteys entre les placages de *Zostera nana* (fig. 1, pl. I).

Pour la température de l'eau, précisons à titre indicatif que sur 4 années, le minimum observé fut de 7,6°C, en janvier 1981, et le maxim de 21,8°C, en juillet 1982, à la bouée de Chauveau (Drapeau et Duguy, 1985).

Faure (1969), dans une étude à Rivedoux, indique pour cette plage un pH variant de 7,4 à 8,2 et une salinité allant de 28,78 % à 34,85% avec parfois de fortes dessalures dûes à de violentes pluies (19,6 %).

L'étude granulométrique montre que nous avons affaire à un sédiment fin (mode 225µm) dans lequel la partie grossière (> 2000 µm ne représente que 0,4 %, alors que la fraction fine (< 80µm en constitue 0,36 %. Enfin, l'étude de la courbe cumulative laisse apparaître un excellent classement, la pente étant très raide (fig. 2, pl. I).

Pour la faune associée, nous renvoyons aux travaux de Portères (1984).

REPARTITION GEOGRAPHIQUE DE L'ESPECE ET MILIEU DE VIE

Tous les récents malacologues s'accordent à reconnaître que *C. neritea* est une forme typiquement lagunaire. Sa présence dans les étangs et les marais étant largement confirmée pour

le nord de l' Adriatique (Cantarelli *et al.*,1979; Sabelli et Spada, 1977, Soika, 1959, Zucchi Stolfa, 1976), ainsi que pour la Mer Noire (Grossu, 1952) ou pour les côtes françaises (Bucquoy *et al.*, 1882) D'autre part, de nombreux auteurs, lors d'études bionomiques, placent régulièrement *C. neritea* dans la liste des espèces de plages sableuses. Ainsi ce Prosobranche est signalé par Gomoïu (1964) dans l'infralittoral des côtes de la Mer Noire et se rencontre de manière périodique sur les plages italiennes de Volano et de Grado (Soika, 1959). Il peuple également tout le littoral espagnol, de Barcelone à Gibraltar, de même que les îles Baléares (Hidalgo, 1917). Sur les côtes atlantiques, on le retrouve dans le sud-ouest espagnol, le sud Portugal, le Maroc (Nobre, 1938), sur les côtes basques françaises et espagnoles (Kisch, 1950; Hidalgo, 1917), ainsi que dans l'angle gallicien (Otero *et al.*, 1972). Jusqu'alors absent des sables d'Arcachon (Lacourt, 1977), *C. neritea* s'y est établi récemment (Bachelet *et al.*, 1980) et vient d'atteindre nos côtes charentaises (Tardy *et al.* 1985).

ETHOLOGIE.

Au chapitre de la biologie du comportement, de nombreux travaux furent effectués en laboratoire sur ce Prosobranche. Il en ressort que *C. neritea* est doté d'un biorythme inscrit dans un rythme circadien qui l'amène à intensifier son activité exploratrice surtout en période nocturne (maximum d'activité à l'aube et au crépuscule) (Bedulli, 1977, Cantarelli *et al.*, 1979).

Soika (1959) observant *C. neritea* sur la plage de Volano note que l'animal s'enfouit à marée basse et attend ainsi le retour des eaux; cependant, dans les flaques, le Mollusque, dont la densité est plus forte, poursuit son activité exploratrice. Dans son étude effectuée à Socoa, Basses-Pyrénées, Morton (1960) indique une synchronisation du comportement avec la marée. Une heure et demie avant la marée basse, le Prosobranche sort du sédiment, il se submerge quand la mer remonte; cette activité est réduite aux esteys et aux flaques: sur un sable sec, il s'enterre. Morton précise d'autre part que ce rythme se conserve en aquarium.

Tous les récents spécialistes décrivent *Cyclope neritea* comme un Gastéropode nécrophage qui se nourrit d'animaux morts, ou de matières animales pourrissantes, qu'il repère à distance.

A ces données, Morton (1960) ajoute que l'on peut fréquemment observer l'animal rampant sur le substrat, son proboscis sorti en avant du siphon. La radula râcle et ratisse alors la surface du sable, prélevant ainsi des petites particules sableuses et des fragments détritiques qui sont ingérés.

Sans contester le régime carnivore de ce Mollusque, il y ajoute une fonction de détrivore. Sur la plage de Rivedoux, *Cyclope neritea* se rencontre dans l'étage médio-littoral depuis la zone de rupture de pente jusqu'au médio-littoral moyen (fig. 1). La population qui est en extension vers la pointe Est, est limitée aux zones sablo-vaseuses. Aucun individu n'a été trouvé dans les vases pures des abords du port, les parcs à huitres constituant également une barrière.

Cyclope neritea qui, à marée haute, était enterré dans le sédiment, émerge ici deux heures avant l'étale de basse mer et se met activement en quête de nourriture. Il n'est pas rare de voir alors une dizaine d'individus amoncelés sur une coque mourante. Avant le retour de la marée, les Mollusques pénètrent à nouveau dans le sable. Il est à noter qu'une forte dessalure suite à de violentes pluies d'orage stoppe toute activité et que rapidement, plus un seul Gastéropode n'est visible en surface. Ils réapparaîtront par la suite, lorsque la pluie cessera.

Si sur le terrain nous n'avons pu observer des animaux ratissant le sable de leur proboscis, par contre dans l'aquarium, *C. neritea* râcle les parois des bacs et semble consommer le film algal. Ces données corroborent les convictions de Morton qui en fait un détritivore et peuvent être rattachées aux propos de Da Silva et Brown (1984) qui montrent qu'un autre Nassariidé *Bullia digitalis*, broute les algues qui se développent sur sa coquille.

A Rivedoux, *Cyclope neritea* se trouve confronté à un faible apport en cadavres (essentiellement des coques). Cependant, la forte valeur énergétique des Bivalves,la possibilité d'un régime d'appoint et l'absence en ces lieux de compétiteur à ce niveau de la chaîne alimentaire laissent augurer le maintien - et probablement l'extension - de cette population nouvellement apparue.

Enfin, au regard du relevé de températures annuelles, nous constatons également un net recul du minimum thermique interdisant la ponte, donné par Gomoïu.

Précisons qu'au vu des premiers essais, les échantillons se sont révélés de distribution log-normale. Les données millimétriques furent alors transformées en logarithmes népériens. D'autre part, il n'a été tenu aucunement compte du sex ratio.

Si la méthode de Bhatthacharya n'a pas apporté les résultats escomptés, son emploi ne fut pas inutile car un point se dégage tout de même : nous n'avons pas affaire à une structure de population où les cohortes sont clairement et pleinement différenciées dans le temps.

La méthode de Harding quant à elle distingue pour chaque échantillon, deux sous-population dont les moyennes dans le temps restent similaires (Tabl. pl. II).

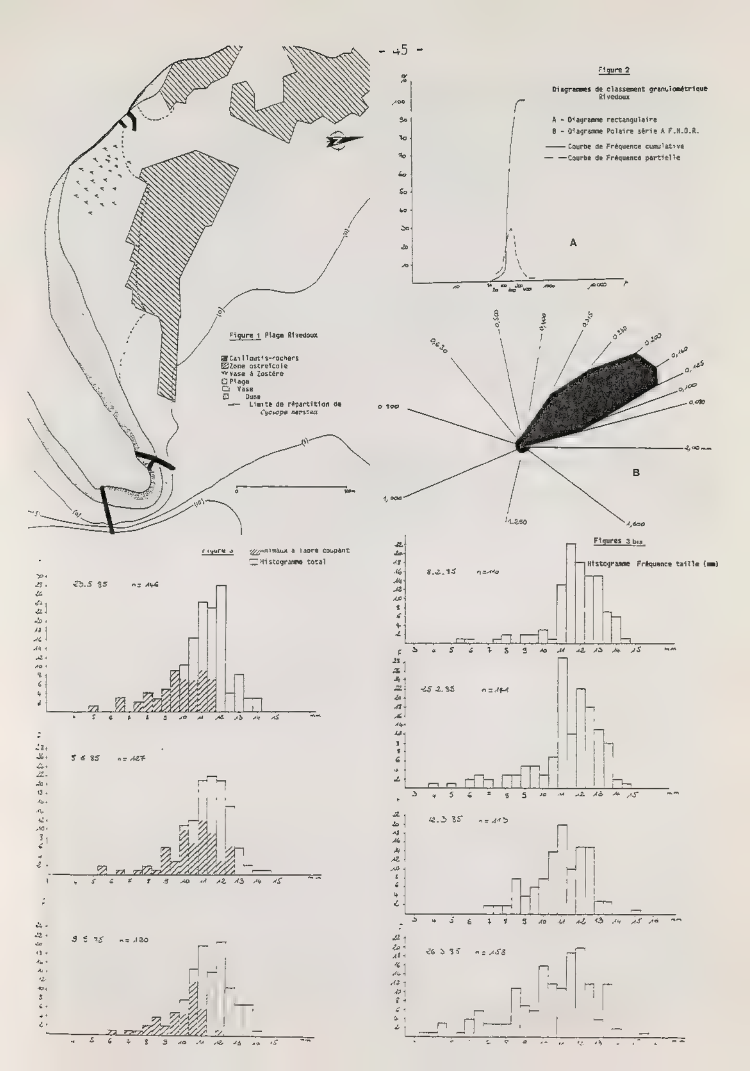
Reportée sur les histogrammes de fréquence, la séparation entre ces deux sous-populations correspond à une réalité biologique qui est l'arrêt de croissance. Ceci est mis en évidence à l'aide des histogrammes (fig. 3, pl.I), où l'on note clairement que la zone de séparation des deux sous-population est située à la limite séparant les Gastéropodes à labres coupants, donc en croissance, des Gastéropodes dont le labre forme une lèvre, et qui ont, par conséquent, terminé leur croissance.

Pour chaque échantillon, la sous-population II correspond aux individus adultes ayant terminé leur croissance. En outre, le fait de la retrouver au cours du temps permet de conclure que ce Mollusque a une vie adulte de plusieurs années. La sous-population I est, quant à elle, constituée d'individus n'ayant pas encore achevé leur croissance et qui, suivant les données établies dans la deuxième note, (fig. 1) (1) correspondent aux pontes du début de l'année précédente

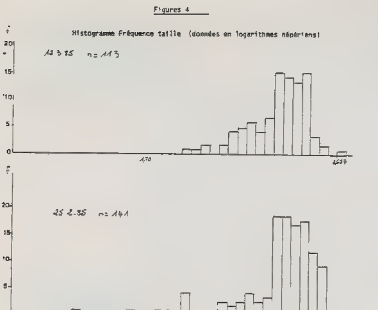
L'examen des histogrammes (fig. 4 à 6, pl.II) nous permet d'élaborer les hypothèses suivantes :

- Nous sommes en présence d'une population d'adultes stable, dont la stratégie de reproduction n'est pas basée sur des pontes massives et limitées dans le temps. Le mode de recrutement apparaît beaucoup plus faible et quasiment continu, la période de ponte étant étalée sur une grande partie de l'année sans qu'il ne ressorte de cohorte (ce qui est confirmé par le développement des oeufs qui n'est pas synchrone).
- La ponte s'arrête durant l'automne et le début de l'hiver; nous nous basons en cela sur le fait que lors des prélèvements des 9/05, 23/05 et 5/06/85, aucun jeune n'a une taille inférieure

(1) voir l'article II : Ponte, développement ..... *Cyclope neritea.*


Figure 1 Plage Rivedoux
Cailloutis-rochers
Zone ostréicole
Vase à Zostère
Plage
Vase
Dune
Limite de répartition de Cyclope neritea
Figure 2
Diagrammes de classement granulométrique Rivedoux
A - Diagramme rectangulaire
B - Diagramme Polaire série A F.N.O.R.
Courbe de Fréquence cumulative
Courbe de Fréquence partielle
A
B
Figure 3
Animaux à labre coupant
Histogramme total
23.5 85 n = 146
5 6 85 n = 127
9 5 85 n = 120
Figures 3 bis
Histogramme Fréquence taille (mm)
8.2.85 n = 110
25 2.85 n = 144
12.3 85 n = 113
26 3 85 n = 158
mm





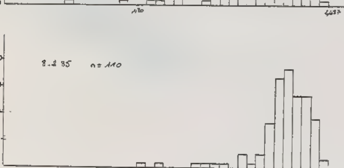
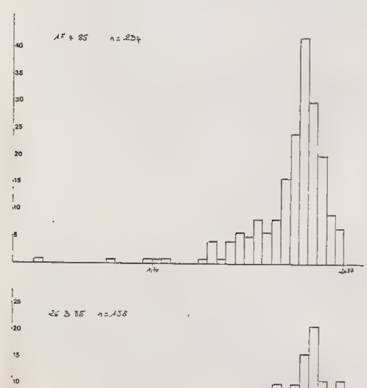


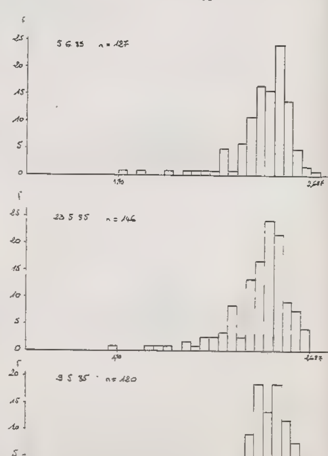
fig 5

TABLEAU - Séparation des différentes sous-populations

Dates	Classes	µ (mm)	σ_1 (mm)	%	N
8.2.85	1	-	-	2,5	2
	2	8,83	1,25	8	9
	3	1.,70	.,10	82,5	91
	4	-	-	7	8
25.2.85	1	-	-	7	10
	2	8,55	1,22	13	.8
	3	10,99	1,10	74	.04
	4	-	-	6	9
12.3.85	1	-	-	4,5	5
	2	9,32	1,25	31,5	35
	3	11,52	1,14	63,5	72
	4	-	-	0,5	1
26.3.85	1	-	-	4	6
	2	8,.1	1,27	26	41
	3	11.07	1,11	63	100
	4	-	-	7	11
17.4.85	1	-	-	2.2	5
	2	9,39	1,26	27,8	65
	3	11,81	1,.3	68	159
	4	-	-	2	5
9 5.85	1	-	-	2,5	3
	2	9,04	1,2	16,5	20
	3	11.25	1,.5	77	92
	4			4	5
23.5.85	1	-	-	3,5	5
	2	9,54	1,23	21,5	31
	3	.1,79	1.14	72,5	106
	4	-	-	2,5	4
5.6.85	1	-	-	.,5	2
	2	8,.6	1.26	6	8
	3	11,07	1,.4	92,3	117
	4	-	-	0,2	-







à 5 mm. Or les embryons provenant des oeufs pondus début février n'atteignent pas, pour les deux premières dates au moins, la taille de 2 mm. Il n'y a donc pas de pontes dans les mois précédents. Nous retrouvons là, à un degré moindre, le phénomène enregistré par Gomoïu (1964).
- La croissance doit être liée à la température et doit marquer un ralentissement hivernal. Ceci nous est inspiré par la présence d'un jeune de 2,9 mm à la date du 17/04/85, une telle taille indiquerait en période normale une ponte en tout début janvier, ce qui paraît peu probable pour cet hiver. Il s'agirait plutôt d'un individu né en fin de saison dont la croissance aurait été fortement ralentie durant l'hiver. Cette hypothèse est malgré tout fragile, puisque basée sur la récolte d'un seul échantillon.

Il peut paraître étonnant que durant les premiers mois d'études, si peu d'individus de petite taille apparaissent compte tenu du nombre de capsules déposées sur *Cerastoderma edule*. Nous pensons que ce fait est dû à deux facteurs conjugués qui sont d'une part la prédation dont peuvent faire l'objet ces petits animaux, d'autre part l'hiver particulièrement rigoureux que nous avons subi cette année; cependant cela reste sur le plan de la pure hypothèse.

DISCUSSION GENERALE.

Cyclope neritea apparaît comme une espèce très euryhaline et fortement thermorésistante (hautes températures). Cependant, il faut relever que ce Gastéropode méridional a particulièrement bien supporté le froid rigoureux de l'hiver 84-85 et que les basses températures ne semblent pas s'avérer un obstacle à une éventuelle progression vers le nord. Il est à noter également que sur les rivages de la Mer Noire, les températures hivernales sont plus rigoureuses que dans nos régions atlantiques, le climat y étant plus continental.

Du point de vue trophique, *C. neritea* est apparu également fort bien armé puisque pouvant utiliser deux modes de nutrition; soulignons que cet opportunisme est une remarquable adaptation répondant aux besoins nutrionnels du Mollusque.

Ce Gastéropode montre d'autre part un type de développement, sinon original, du moins peu fréquent chez les invertébrés benthiques méridionaux.

En effet, le développement direct caractérise plutôt les faunes abyssales et polaires; il permet en outre, une résistance supérieure aux conditions extrêmes de températures et de carence nutritive du milieu, ce que n'offre pas un stade pélagique (Thorson, 1950). De plus, ne possédant pas de stade de dispersion, ce mode de reproduction entraîne une grande stabilité de la population, accentuée par le fait que nous sommes en présence d'une population d'adultes à longue durée de vie.

Sur le terrain, ce Mollusque ne possède pas la même répartition que les individus de la même famille, *Nassarius pygmaeus* et *Nassarius reticulatus* ne peuvent pallier cette carence en se nourrissant de biodépôts comme peut le faire *C. neritea*.

Enfin, rappelons qu'en terme évolutif, les espèces venant du centre de dispersion ont un système offensif leur permettant de prendre la place d'autres espèces moins adaptées à une compétition (la sous-province méditerranéenne chaude a fonctionné comme un centre de dispersion)

Il apparaît donc que *C. neritea* semble extrêmement bien armé pour coloniser le littoral charentais; de plus, son euryhalinité, sa thermorésistance ainsi que son mode de développement

laissent envisager une possible remontée plus au nord, du moins jusqu'à la barrière finistérienne. Il est à noter que ne possédant aucune donnée sur la répartition régulière du Mollusque le long de nos côtes atlantiques, nous ne savons pas si nous avons affaire à une migration infralittorale ou si cette progression est liée aux activités humaines; ce dernier cas restant cependant plus probable au vu du cycle biologique de l'animal qui ne comprend aucun stade de dispersion.

CONCLUSION.

Au cours de cette étude nous avons pu établir un certain nombre de faits importants:
- Une population de *C. neritea* est maintenant solidement implantée à Rivedoux.
- Cette remontée septentrionale n'a nullement affecté l'éthologie de l'animal, aucun de ses paramètres biologiques n'étant modifiés, la période de ponte étant même plus étendue qu'en Mer Noire (Gomoïu, 1964).
- Nous sommes en présence d'une population stable composée d'adultes vivant plusieurs années. Cette population est dotée d'une stratégie de recrutement quasi-continu sans apparition de cohortes.
- L'espèce semble bien adaptée, pour des conditions rigoureuses, à tous les stades de son développement, car elle a bien supporté le difficile hiver 84-85.
- Ceci laisse envisager certaines perspectives d'extension de cette population, préjudiciable aux espèces de la même famille présentes sur nos côtes. Une surveillance de son évolution et de son incidence sur la faune autochtone devrait, de ce fait, être conduite.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BACHELET, G., CAZAUX, C., GANTES, H., LABOURG, P.J., 1980. Contribution à l'étude de la faune marine de la région d'Arcachon, *Bull. Cent. Etud. Rech.sci. Biarritz*, 13 (51) : 45-64

BEDULLI, D., 1976. Studi preliminari sulla reazione di emersione di *Cyclope neritea* (L), *Ninia reticulata* (Renieri) e *Sphaeronassa variabilis* (L). Ateneo Parmense, *Acta nat.*, 12 : 239-249.

BEDULLI, D., 1977. Possible alterations caused by temperature on exploration rhythms in *Cyclope neritea* (L.) (Gastropoda : Prosobranchia). *Bull. Zool.*, 44 : 43-50.

BEDULLI, D., MEZZADRI, M.G., PARISI, V., POLI, P., 1977. Thermobiology of estuarine molluscs. *Atti. soc. Ital. Sci. nat. Museo civ. Stor. nat. Milano*, 118 (2) : 185-197

BHATTACHARYA, C.G., 1967. A simple method of resolution of a distribution into gaussian components. *Biometrics*, 23 (1) : 115-135.

BOULHIC, M., 1985. Etude d'une population de *Cyclope neritea* (Linné, 1758) (Mollusque Prosobranche) nouvellement implantée sur le littoral de la commune de Rivedoux (Charente-Maritime). *D.E.A. Université de Poitiers.*

BROWN, A.C., NOBLE, R.G., 1960. Function of the osphradium in *Bullia* (Gastropoda). *Nature*, 188: 1045.

BRUSINA, S., 1900. Zur Molluskenfauna des Mittelmeers. *Nachrichtsblatt der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft* : 86 - 89.

BUCQUOY, E., DAUTZENBERG, P., DOLLFUS, G., 1882 - 1886. Les Mollusques du Roussillon. I - Gastéropodes. J.B. BEILLIERE et fils, Paris.

CANTARELLI, M., DI COLA, G., MEZZADRI, M.G., PARISI, V., POLI, P., 1979. Analisi della attivita esploratoria di una popolazione di prosobranchi. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, suppl. 37 : 163-176.

CASSIE. R.M., 1954. Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distributions. *Austr. Journ. Mar. freshw. Res.*, 5 : 513-522.

DA SILVA, F.M., BROWN, A.C., 1984. The gardens of Sandy-Beach whelk *Bullia digitalis* (Dillwyn). *Journ. Moll. Stud.*, 50 (1) : 64.

DAUTZENBERG, P., FISCHER, H., 1925. Les Mollusques marins du Finistère. *Trav. Stat. biol. Roscoff*, 3 : 1-180.

DRAPEAU, H., DUGUY, R., 1985. Température de l'eau de mer en surface dans la rade de La Rochelle. *Ann. Soc. Sci. nat. Charente-Maritime*, 7 (3) : 339-347.

FAURE, G., 1969. Bionomie et écologie de la macrofaune des substrats meubles de la côte charentaise. *Tethys*, 1 (3) : 751-778.

FISCHER-PIETTE, E., 1957. Sur des déplacements de frontières biogéographiques, observés au long des côtes ibériques dans le domaine intercotidal. *P. Inst. Biol. appl.*, 26 : 35-40.

FRETTER, V., GRAHAM, A., 1962. British Prosobranch Molluscs, *Ray Soiety London.*

GOMOÏU, M.T., 1964 Biologisches Studium der arten *Nassa reticulata* L. und *Cyclonassa neritea* (L.) im schwarzen Meer (Rumanischer Küstenbereich).*Res. roumaine Biol., Zool.*, 9 (1) : 39-49.

GROSSU, A., 1952. Molustele din sistemul de lacuri Razeln. *Buletin stiintific, sectiunea de stiinte biologicae, agronomice, geologice si geografice*, 4 (3) : 665-674.

GROSSU, A., 1956. Fauna republicii populare Romine. Mollusca, vol. 3 (2)-Gastropode Prosobranchia Şi Opisthobranchia.

HARDING, J.P., 1949. The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 28 : 141-153.

HERNANDEZ OTERO, J., JIMENEZ MILLAN, F., 1972. Distribution de los Molluscos : Gasteropodas y Pelecipodos marinos de las costas de Galicia. *Cuad. Biol.*, 1 : 79-93.

HIDALGO, J.G., 1917. Fauna malacologia de Espana, Portugal y las Baleares. Molluscos testaceos marinos. *Mus. Nac. Cie. Nat. Trab. ser. Zool.*, 30 : 1-172.

JENNER, C.E., 1956. The occurence of a crystalline style in the mud snail *Nassarius obseletus*. *Biol. Bull. Woods Hole*, 111 : 304.

KISCH, B.S., 1950. Growth stages of *Cyclope neritea* (L.) . *Journ. of Conchology*, 23 (4): 108, 1 pl.

LACOURT, A.W., 1977. Contribution à la connaissance de la faune marine de la région d'Arcachon. *Zoologische Mededelingen*, 52 (20).

MILACHEWITCH, K.O., 1916. Faune de la Russie et des pays limitrophes. Les Mollusques des Mers Russes. t. I. Les Mollusques de Mer Noire et de la Mer d'Azov. Petrograd.

MORTON, J.E., 1960. The habits of *Cyclope neritea*, a style-bearing stenoglossan gastropod. *Proc. malac. Soc. London*, 34 : 96-105.

NOBRE, A., 1938-40. Fauna malacologica de Portugal i moluscos marinhos e das aguas salobras. *Porto.*

PORTERES, G., 1984. La faune et la flore en relation avec la nature du sédiment. Port de Rivedoux-Plage. *Etude d'impact.* IUT Laboratoire de Biologie et Biochimie marines. La Rochelle.

SABELLI, B., SPADA, G., 1977. Guida illustrata all' identificazione delle conchiglie del mediterraneo Fam. Nassariidae II. Gen. *Cyclope*. Gen. *Hinia. Suppl. a "Conchiglie"*, 13 : 11-12.

SACCHI, C.F., 1964. Zoobenthos e necton del lago di patria. *suppl. vol. 5 DELPINOA.*

SOIKA. A.G., 1959. Migrazioni di *Cyclonassa neritea* (L.) nella zona intercotidale di spiagge marine [*Moll. Gasterop.*] *Atti. Soc. Ital. Sci. nat.*, 98 : 218-222.

TARDY, J., GAILLARD, J., PORTERES, G., 1985. *Cyclope neritea*, une espèce de Gastéropode Nassaridé nouvelle pour les côtes du Centre-Ouest atlantique de France. *Ann. Soc. Sci. nat. Charente-Maritime*, 7 (3) : 391-396.

ZUCCHI STOLFA, M.L., 1976. Gasteropodi recenti delle lagune di Grado e Marino. *Atti. Soc. ital. Sci. nat. Museo civ. Stor. nat. Milano*, 118 (2) : 144-164.

++++++

Haliotis, 15, 1986
p. 51 à 58

PONTE, DEVELOPPEMENT LARVAIRE ET ETHOLOGIE DES JUVENILES DE *CYCLOPE NERITEA* (LINNE, 1758)

par

Michel BOULHIC* et Jean TARDY**

* *IFREMER BREST, B.P. 337 - 29273 BREST CEDEX*

** *Laboratoire de Biologie et Biochimie Marines, IUT, 17026 LA ROCHELLE Cedex.*

ABSTRACT.

The spawning behaviour of *C. neritea*, at this recently discovered site, has been observed. Oviposition usually occurs on the valves of living *Cerastoderma edule*, but it also occurs on other substrats. The development to hatching, previously unknown, is described together with the behaviour of the juvenile snails.

RESUME.

Le comportement de ponte de *C. neritea* a fait l'objet d'une analyse sur cette nouvelle aire de sa distribution. Le dépôt s'effectue de façon préférentielle sur les valves des *Cerastoderma edule* vivants mais peut s'effectuer sur d'autres substrats. Le développement larvaire jusqu'à l'éclosion, qui n'avait pas été étudié jusque là, a été suivi et l'éthologie des juvéniles a fait l'objet d'observations .

INTRODUCTION.

A notre connaissance, les seules données, très fragmentaires, sur le développement de *Cyclope neritea* sont dûes au travail de Gomoïu (1964) pour les populations de la Mer Noire. De ce fait, il nous a semblé judicieux de suivre toute l'évolution embryonnaire et d'en préciser les principaux évènements organogénétiques et leur chronologie. Par la suite, quelques observations concernant l'éthologie des juvéniles ont été consignés.

Gomoïu décrit l'oeuf et la capsule transparente d'un millimètre de diamètre environ et en donne un schéma. Il précise que la ponte est fixée sur les substrats durs de la zone sablonneuse avec un dépôt quasi-exclusif sur la coquille du Bivalve *Aloïdis maeotica*.

A Rivedoux, *Cyclope neritea* présente un comportement similaire à celui décrit pour la Mer Noire, puisque les oeufs sont déposés également ici de façon quasi-exclusive sur les coquilles de *Cerastoderma edule* (Pl. 1) à raison de 1 à 8 capsules par Bivalve. Seuls un ou deux oeufs ont été trouvés sur des coquilles d'*Hydrobia ulvae* très abondantes dans ce biotope. En aquarium par contre et même si les conditions de milieu furent reproduites à l'échelle (substrat sableux, présence de *Cardium*), les pontes sont déposées en abondance sur les parois du bac, au dessus ou en dessous du niveau d'eau, mais également sur les coquilles d'Huîtres mortes ou même sur des sujets vivants de *Mytilus edulis*.

Le milieu naturel n'offre pratiquement aucun substrat stable pour le dépôt des oeufs: le parc à Huîtres n'est pas fréquenté ou très peu, les coquilles vides de Mollusque sont trop brassées par la marée pour convenir et aucune roche n'est présente. Il reste les Bivalves, où seul *Cerasto-*

derma edule, par la taille réduite de ses siphons, affleure à la surface et représente un substrat suffisament important; *Ruditapes decussatus*, quant à elle, s'enfonce trop profondément.

Afin de déterminer si les *Cerastoderma* étaient choisis préférentiellement ou par simple opportunité, nous avons déposé deux rochers dans la zone où la densité des Bivalves était forte. Un mois après, des capsules contenant des oeufs étaient accrochées de manière éparse sur la pierre.

Ainsi, dans le milieu naturel, *C. neritea* n'a pratiquement pas d'autre alternative que de pondre sur les Coques, mais il peut saisir d'autres possibilités s'offrant à lui, pour peu qu'elles soient satisfaisantes.

Tout en réfutant l'hypothèse d'un comportement spécifique, ceci pourrait expliquer ce qui a été observé en aquarium; cependant, il faut garder à l'esprit que dans l'aquarium une certaine anoxie dans le sédiment, la densité de Gastéropodes plus forte, la multitude de substrats offerts, ainsi que l'absence de marée peuvent finir par perturber le comportement de l'animal. D'autre part, l'expérience réalisée sur le terrain ne peut prétendre à une totale rigueur et n'exclut en rien la possibilité d'un substrat de ponte préférentiel.

LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE (PL.1-4)

L'observation du développement embryonnaire fut effectué à l'aide d'une loupe binoculaire munie d'une chambre claire. Certains points furent précisés en extrayant les larves de leur capsule translucide.

Durant toute la durée du développement, les oeufs sont placés dans un aquarium avec une circulation d'eau.

La salinité et la température de l'eau sont respectivement de 36 ‰ et 18° C ± 1° C, la photopériode étant L.D. 11 h - 13 h.

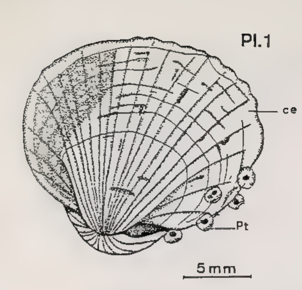
Les premiers stades de clivage furent observés à la loupe binoculaire dans une coupelle dont l'eau était à 23° C, la photopériode était naturelle (date du 29.05.85).

Le développement de *C.neritea*, contrairement à celui des Nasses est totalement intracapsulaire; il n'y a pas de véligère libre; l'oeuf lécithotrophe (∅ 500 µm) est pondu dans une capsule translucide et a un développement direct. Gomoïu (1964) cite qu'il peut y avoir deux embryons dans une même capsule, pour notre part, nous en avons observés jusqu'à trois dont le développement est arrivé à terme.

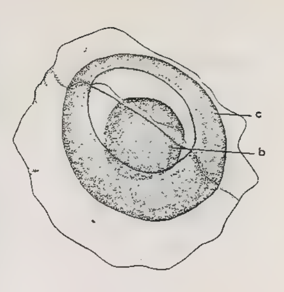
L'étude faisant largement appel aux dessins, nous ne donnerons ici que les principaux faits jalonnant ce développement :

1ères heures : formation du lobe polaire et clivage en spirale, suivi d'un recouvrement par épibolie.
2ème jour : Blastula.
5ème jour : Rotation sur lui-même.
8ème jour : L'embryon s'allonge.
10ème jour : Apparition de l'ébauche pédieuse.
13ème jour : Ebauche du vélum, de la protoconque, enroulement de la masse viscérale.
15ème jour : 1er battement spasmodique de l'ébauche cardiaque. Pied et vélum bien différenciés, le proctodéum est maintenant visible.

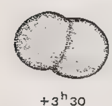
Pl.1



PONTE

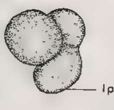


1ers STADES DE CLIVAGE



+3h30

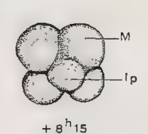
+3h







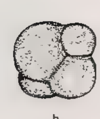
+6h30



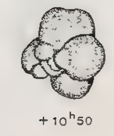
+8h15



+8h25



+9h30



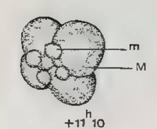
+10h50

0 0,5 1mm

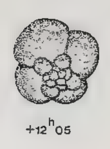
Développement embryonnaire de *Cyclope neritea*

Pl.2

EPIBOLIE



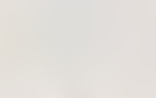


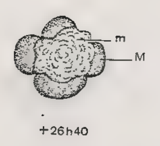


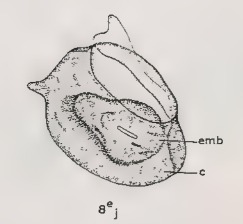




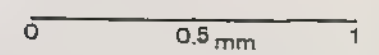








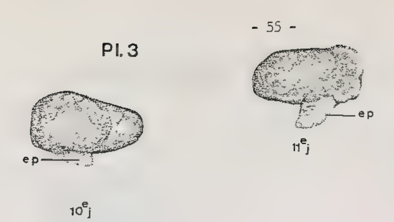


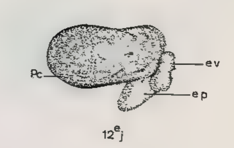


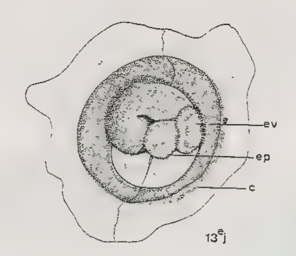
Développement embryonnaire de *Cyclope neritea* (suite)

Pl. 3

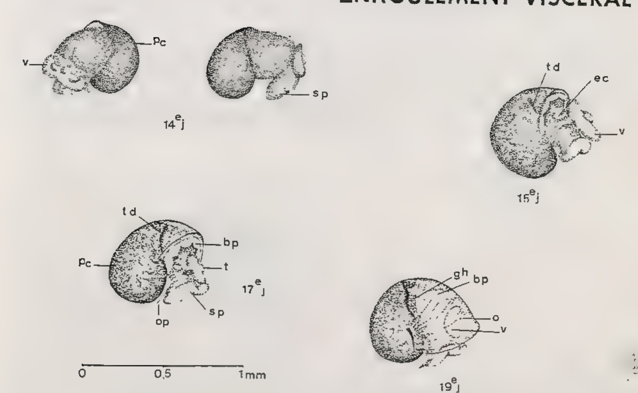
1ères EBAUCHES







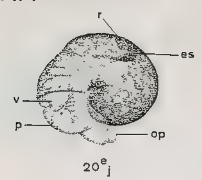
ENROULEMENT VISCERAL

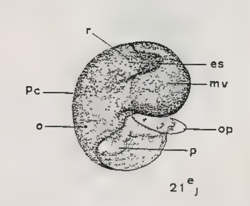


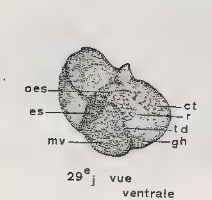
Développement embryonnaire de *Cyclope neritea* (suite)

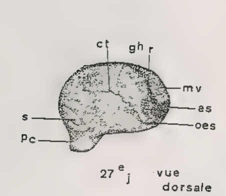
Pl. 4

ENROULEMENT (SUITE)

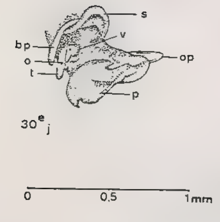


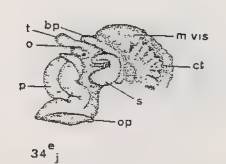






REGION CEPHALO-PEDIEUSE







Développement embryonnaire de *Cyclope neritea* (suite)

17ème jour : La protoconque amorce son enroulement; l'opercule, les yeux et les tentacules sont visibles, le coeur présente des battements réguliers (1 battement/seconde) et s'estomac s'individualise.

20ème jour : L'ébauche du siphon se met en place, la glande hypobranchiale et le rein apparaissent

22ème jour : Le mufle se pigmente en violet foncé, la cténidie est visible.

24ème jour : Le pied se pigmente à son tour.

27ème jour : Début de la regression du vélum.

34ème jour : Le vélum a disparu.

36ème jour : L'éclosion.

b : blastula ou oeuf - bp : bourrelet palléale - c : capsule embryonnaire - ce : *Cerastoderma edule* - ct : cténidie - ec : ébauche cardiaque - ep : ébauche pédieuse- es : estomac - ev : ébauche du vélum - gh : glande hypobranchiale - lp : lobe polaire m : micromère - M : macromère - mv : masse vitelline - m vis : masse viscérale - o : oeil - oes : oesophage - op : opercule - p : pied - pc : protoconque - pt : ponte- r : rein - s : siphon - sp : sole pédieuse - t : tentacule - td : tube digestif - v : vélum.

L'éclosion se déroule en une trentaine de secondes, l'animal par pression sur le couvercle de la capsule le fait finalement tomber. Il sort alors son pied par l'orifice et escalade la capsule. Contrairement à ce que dit Gomoïu (1964), le juvénile n'a pas tout à fait le même comportement que l'adulte puisqu'il n'ingère aucune nourriture durant une période de 4 à 6 jours (en effet, la résorption de son vitellus s'achève au cours de cette période.

Par la suite, la détection des proies ne s'établit que très progressivement. En effet, mis en présence de chair de Bivalves, le juvénile ne semble nullement attiré par cette nourriture et va jusqu'à effleurer celle-ci sans y toucher. Si, par contre, l'aliment est deposé juste devant lui, on voit le proboscis s'enfoncer dans les tissus et l'animal se nourrir activement. Cette perception limitée se conçoit , d'une part, si l'on considère le faible courant inhalant produit par la cavité palléale -- courant unidirectionnel au regard de la taille extrêmement réduite du siphon --, et d'autre part que les structures chémoréceptrices ne sont probablement qu'en début de différenciation fonctionnelle.

Il semble peu probable que sur le terrain, les Coques puissent servir de nourriture, aucun juvénile n'étant retrouvé sur leurs cadavres. Il parait plus judicieux de penser que ceux-ci prélèvent de la matière organique en suspension comme l'ont démontré Brown et Noble (1960) pour *Bullia*.Kisch (1950), dans une note brève, mais bien appuyée de photos, décrit parfaitement l'évolution juvénile. Nous donnons en complément de ce travail une courbe de croissance (fig.1) établie dans les conditions de l'aquarium avec apport de nourriture tous les deux jours (chair de Bivalves).

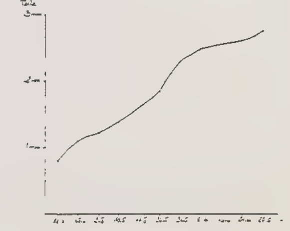


Fig. 1. Courbe de croissance du juvénile après éclosion

CONCLUSION.

Dans le milieu, les pontes semblent être déposées préférentiellement sur les Coques, sur le bord des valves, à proximité des siphons. Ceci favorise une bonne oxygénation des embryons; cependant il est probable que ce comportement reflète un opportunisme ainsi qu'en témoignent nos observations et expériences.

Cyclope neritea a un développement direct. L'oeuf lécithotrophe (500 µm de diamètre) conduit à la formation d'un juvénile qui se libère de la capsule 36 jours après la ponte à 18°C±1.

Le jeune achève de consommer son vitellus en 4 à 6 jours; pendant cette période il ne se nourrit pas. Ultérieurement il acceptera de la chair de Bivalves mais son sens chémorécepteur ne se développe que lentement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

BEDULLI, D., MEZZARDI, M.G., PARISI, V., POLI, P., 1977. Thermobiology of estuarine molluscs, *Atti. soc. Ital. Sci. nat. Museo. civ. Stor.nat.Milano*,118(2) : 185-197.

BOULHIC, M., 1985. Etude d'une population de *Cyclope neritea* (Linné, 1758) (Mollusque Prosobranche) nouvellement implantée sur le littoral de la commune de Rivedoux (Charente Maritime). *D.E.A. Université de Poitiers.*

BROWN, A.C., NOBLE, R.G., 1960. Function of the osphradium in Bullia (Gastropoda). *Nature*, 188 : 1045.

BRUSINA, S., 1900. Zur Molluskenfauna des Mittelmeers. *Nachrichtsblatt der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft* : 86-89.

CANTARELLI, M., DI COLA, G., MEZZADRI, M.G., PARISI, V., POLI, P., 1979. Analisi della activita esploratoria di une popolazione di prosobranchi. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* suppl. 37 : 163-176

DA SILVA, F.M., BROWN, A.C., 1984. The gardens of Sandy-Beach whelk *Bullia digitalis* (Dillwyn). *Journ. Moll. Stud.* , 50 (1) : 64.

GOMOIU, M.T., 1964. Biologisches Studium der arten *Nassa reticulata* L. und *Cyclonassa neritea* (L) im schwarzen Meer (Rumänischer Küstenbereich). *Res. roumaine Biol., Zool.*, 3, (1) 39 - 49.

GROSSU, A., 1952. Molustele din sistemul de lacuri Razelm. *Buletin stiintific, sectiunea de stiinte biologice, agronomice, geologice si geografice*,4 (3) : 665 - 674.

KISCH, B.S., 1950. Growth stages of *Cyclope neritea* (L.). *Journ. of Conchology*, 23 (4) : 108, 1 pl.

MORTON, J.E., 1960. The habits of *Cyclope neritea*, a style-bearing stenoglossan gastropod. *Proc. malac. Soc. London*, 34 : 96-105.

SACCHI, C.F., 1964. Zoobenthos e necton del lago di patria. *Suppl. vol.5. DELPINOA.*

SOIKA, A.G., 1959 . Migrazioni di *Cyclonassa neritea* (L.) nella zona intercotidale di spiagge marine [*Moll. Gasterop.*] *Atti. Soc. Ital. Sci. nat.* 98 : 218 - 222.

TARDY, J., GAILLARD, J., PORTERES, G., 1985. *Cyclope neritea* (Linné, 1758), une espèce de Gastéropode nassaridé nouvelle pour les côtes du Centre-Ouest atlantique de France. *Ann. Soc. Sci. Nat. Ch. Mar.* 7, 3 : 391 - 396.

THORSON, G., 1950. Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biol.Reviews*, 25 : 1 - 45.

VERDONK, N.H., VAN DEN BIGGELAAR, J.A.M., TOMPA, A.S., 1983. The Mollusca, 3, Development *Academic Press.*

ZUCCHI STOLFA, M.L., 1976. Gasteropodi recenti delle lagune di Grado e Marano. *Atti. Soc.ital. Sci. nat. Museo civ. Storn. nat. Milano*,118 (2) : 144 - 164.

******

VIème CONGRES

de la

SOCIETE FRANCAISE DE MALACOLOGIE

THEME II

"ECOLOGIE - DYNAMIQUE DE POPULATION"

* * * * *

Haliotis, 15, 1986
p. 61 à 72

PREMIERES DONNEES EN ECOLOGIE ET FAUNISTIQUE SUR LA MICROFAUNE MALACOLOGIQUE DE TAHITI
(Société - Polynésie française)

par

Jean TRONDLE
Laboratoire de Biologie Marine et Malacologie Ecole Pratique des Hautes Etudes
55, rue Buffon, 75005 PARIS
et Centre de l'Environnement de Moorea, Museum et E.P.H.E. en Polynésie Française
B.P. 1013, Papetoai, MOOREA

ABSTRACT.

Ecological and faunal knowledge acquired on French Polynesian testaceous marine molluscs mainly concern macro-molluscs. This is summarized in four publications (DAUTZENBERG and BOUGE, 1933, SALVAT and RIVES, 1975, RICHARD, 1982, 1985).

The present work deals with an inventory, distribution, abundance and some ecological aspects of micro-molluscs in barrier areas of the north-western part of Tahiti (the urban sector of Pirae-Papeete-Faaa). The micro-molluscs on the six stations studied, were collected from the shingle spread areas of small, dead coral blocks, macro-facies spread out over the barrier reefs in a central position between the reef front and the inner slope of the barrier reef flat, to the middle of the fields of scattered coral heads. The micro-molluscs are abundant in the lower part of the small blocks, piled one on top of the other, creating a large cavity system. 100 average sized blocks (18 x 10 x 5 cm) making up a lower surface of about 2 m², are taken from each station and the micro-molluscs subsequently collected in the thin turf covering the blocks.

In all, 100 species belonging to about 20 families, have been collected alive. These results are passed on by giving for each station and the whole of the sector, the list of species found and their abundance. The main families and species dominant are also indicated, the trophic level of our microfauna is stated wherever possible and our results are compared with other research carried out in the Indo-Pacific coral environment (KAY, 1971, 1974). Finally, in our work we mention the associated malacological fauna (small fauna + juvenile) collected with our material.

MOTS CLEFS : Micromollusques - Démécologie - Récifs coralliens - Polynésie Orientale.

KEY-WORDS : Micromolluscs - Demecology - Coral reef - Eastern Polynesia

INTRODUCTION.

Alors que la répartition et l'écologie des macromollusques des édifices coralliens sont maintenant relativement bien connus dans la province Indo-Pacifique, les études relatives aux micromollusques sont encore peu nombreuses. Les principales études faunistiques les concernant sont celles de KAY (1971, 1974) sur les Mollusques de l'atoll de Fanning (Line archipelago), tandis que plusieurs révisions systématiques de familles de micromollusques ont été publiées au cours des deux dernières décennies (MARSHALL, 1978&1983; PONDER, 1985; PONDER et YOO, 1977; POWEL, 1966&1969; WAREN, 1984).

La Polynésie française, qui comporte 120 îles réparties en 5 archipels, a été l'objet, depuis 1970, de nombreux travaux relatifs aux mollusques. Toutefois, les connaissances écologiques, faunistiques ou biogéographiques, acquises sur les mollusques testacés marins de cette région, concernent essentiellement les macromollusques. Elles sont résumées dans quatre travaux généraux: DAUTZENBERG et BOUGE, 1933; SALVAT et RIVES, 1975; RICHARD 1982, 1985. Dans le premier

ouvrage, les micromollusques ne sont pratiquement pas abordés. Dans les deux suivants, des micromollusques sont parfois recensés par référence à des listes faunistiques antérieures. Enfin, si le "Fauna and Flora" de RICHARD (1985), qui prend en compte des récoltes très récentes, représente une amélioration sensible en matière de faunistique des micromollusques de Polynésie française, aucune étude suivie n'avait encore été entreprise sur ce groupe dans cette région du Monde.

Nous avons voulu, dans ce travail, étudier les micromollusques avec une certaine précision quant à leur habitat. Nous n'avons par conséquent travaillé que sur les micromollusques vivants, franchissant ainsi une étape supplémentaire à celle établie par KAY (dont les travaux ne portent que sur des assemblages de micromollusques morts). Cet auteur a récemment développé (1980) les raisons pour lesquelles il est intéressant d'étudier cette faune de micromollusques, comme cela a été précédemment fait pour les Foraminifères. Leur présence et leur abondance dans les sédiments étudiés peuvent être utilisées comme indicateurs de conditions de milieu et de communautés d'organismes, à condition bien entendu que l'écologie des espèces, et en priorité leur répartition dans l'écosystème récifal et lagunaire, soit connue. Le présent article est une contribution à cette connaissance.

LE MILIEU ETUDIE .

La figure 1 représente la partie nord-ouest de Tahiti, où se situe la zone urbaine de Pirae-Papeete-Faaa. La zone littorale comporte schématiquement, du rivage vers l'océan une zone frangeante (récif frangeant, plage , construction humaine), un chenal dont la profondeur varie de quelques mètres à une vingtaine de mètres et qui s'élargit parfois en un lagon profond, enfin, un récif-barrière dont la profondeur n'excède pas 2 à 4 mètres,avant de plonger à 45° sur la pente externe, après la zone frontale où déferlent les vagues de l'océan. Le récif-barrière est sableux dans sa partie interne, alors que les pâtés coralliens (où dominent *Porites*, *Acropora et Montipora*) et le substrat détritique grossier augmentent rapidement à mesure que l'on se rapproche de la zone frontale du récif.

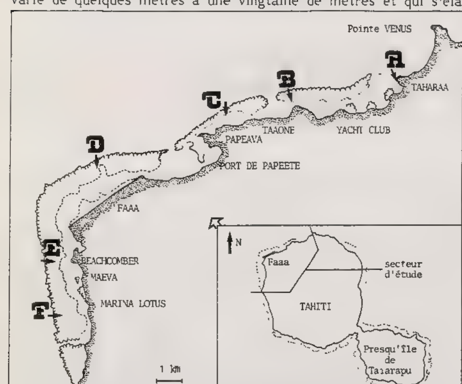


Figure 1 - Situation du secteur d'étude au nord-ouest de l'île de Tahiti (en cartouche): position des stations prospectées.

Les stations d'étude, repérées sur la figure 1, se situent dans la zone barrière, en position moyenne entre le ressaut de la zone frontale et la bordure interne qui longe le chenal. A ce niveau, deux types de macrofaciès peuvent être rencontrés : les pâtés coralliens vivants avec leur cortège de peuplements animaux et végétaux, et des zones d'épendage de petits blocs coralliens de taille décimétrique en moyenne. C'est dans ce dernier faciès qu'ont été récoltés les micromollusques; ceux-ci sont abondants à la surface inférieure de ces petits blocs empilés les uns sur les autres, avec un réseau cavitaire important, ou reposant sur une dalle de substrat dur. La flore algale qui colonise ces débris grossiers est très pauvre et essentiellement constituée par des thalles encroûtants de *Lobophora variegata* et de Mélobésiées. Les formes filamenteuses sont des gélidiales qui forment de petits gazons, soit au fond des cavités, soit à la surface des substrats.

Lors des prospections, en avril-mai 1982, les conditions climatiques étaient caractéristiques de l'intersaison, avec quelques fortes précipitations alternant avec de longues périodes sèches. La température de l'eau était voisine de 28°5, la salinité variant pour sa part entre 33,3 et 34,6 g/l. L'oxygène dissout affichait des valeurs voisines de 7,5 mg/l (110 % de saturation), durant la journée. Dans cette partie moyenne du récif-barrière, les eaux sont claires, la charge en particules (seston) dépassant rarement 10 mg/l. En ce qui concerne les sels nutritifs, leurs concentrations étaient relativement faibles comme l'attestent les valeurs moyennes suivantes: nitrites : 0,25 - nitrates : 0,8 - Phosphates : 0,7 - silicates : 5,2 (en atg N, P ou Si/l) (POLI et al. 1983).

LA METHODE D'ETUDE

La faible profondeur des stations prospectées a permis de travailler en apnée. La récolte des micromollusques s'est faite en agitant violemment, dans un sac de toile (de vide de maille de l'ordre de 200µ), les blocs décimétriques et en frottant à la main, au travers du sac, leurs surfaces inférieures et supérieures. Un examen direct, puis l'observation préliminaire des prélèvements, avaient indiqué que c'est essentiellement à la surface inférieure de ces blocs, dans les microcavités et dans le fin gazon qui recouvre les blocs, que se trouvent les micromollusques. Les blocs prélevés ne comportaient jamais de macroalgues fixées.

A chaque station, l'opération a été réalisée pendant 1 heure. On peut estimer que, durant cette heure, 100 blocs d'une taille moyenne de 18x10x5cm étaient ainsi nettoyés, soit une surface inférieure ou supérieure mesurant approximativement 2 m².

Au laboratoire, les petits cailloutis étaient éliminés des prélèvements après avoir été brossés : puis un courant d'eau léger permettait d'éliminer la petite faune vagile (Annélides, Amphipodes, Isopodes ...) et les débris végétaux. Le reste (de 20 à 50 cm³ selon les stations), une fois mis en coupelle et alcoolisé, était trié sous la loupe binoculaire. La distinction entre individus morts et vivants est facilitée par l'existence, pour ces derniers, de tests non roulés, à l'ouverture non obstruée, et, pour un bon nombre de familles (Eulimidae, Dialidae, Rissoellidae...), par un test transparent permettant de voir les organes des Gastéropodes. Cette distinction ne fut vraiment délicate que pour la famille des Rissoidae dont les individus mis en alcool se rétractent au fond de la coquille opaque.

Plutôt que de considérer automatiquement comme "micromollusque" tous les individus inférieurs à une taille donnée, ce qui nous conduisait à comptabiliser des juvéniles de macroespèces, nous avons préféré envisager la notion de micromollusque sous un angle phyllogénétique. Nous considérons, dans notre travail, qu'il existe des familles (ou des groupes de genres) de micromollusques, ou que certaines familles, dans cette région de l'Indo-Pacifique, sont représentées par une très large majorité de microespèces; c'est ainsi que nous avons inclus dans notre liste quelques familles "à la frontière" telles que les Columbellidae ou les Turridae.

Les résultats sont exprimés en donnant pour chaque station, et pour tout le secteur étudié, la liste des espèces, leur abondance (en référence à l'effort de pêche de 1 h indiqué ci-dessus) et leur fréquence.

LISTE FAUNISTIQUE DES MICROMOLLUSQUES RECOLTES.

Le tableau A recense, par ordre systématique, toutes les espèces récoltées vivantes lors des prospections, en précisant le nombre d'individus récoltés par station et pour l'ensemble de la zone. Le tableau B rend compte, tout en résumant le tableau A, de la diversité taxonomique des micromollusques récoltés : un total de 2045 individus, appartenant à 100 espèces, se repartit entre 47 genres et 20 familles.

Les déterminations ont été effectuées à l'aide de quelques publications et ouvrages généraux (PEASE, 1867, 1868 - LADD, 1966 - SALVAT et RIVES, 1975 - KAY, 1979). Certains travaux ont été consultés pour la détermination des représentants d'une famille, plus particulièrement : CERNOHORSKY (1978) pour les Turridae, LADD (1972) pour les Dialidae et les Cerithiidae. Malgré tout, la détermination spécifique de certaines familles s'est avérée délicate, voire impossible en fonction des éléments dont nous disposions à leur sujet. Il en est ainsi, tout particulièrement, des Cerithiopsidae, des Eulimidae, des Caecidae et des Juliidae. Nous avons reçu une aide importante de quelques spécialistes, qui ont bien voulu déterminer des échantillons que nous leur avons adressés et parfois confirmer ou rectifier nos propres déterminations : MARSHALL pour les Triphoridae, CERNOHORSKY pour les Turridae, PONDER pour les Rissoidae, les Rissoellidae et diverses autres familles. Sur un total de 100 espèces, dont 19 sont citées pour la première fois en Polynésie française, 49 ont été déterminées au rang spécifique, 19 avec une affinité spécifique (cf. ou aff.) et 32 espèces (dont 8 Cerithiopsidae et 11 Eulimidae) n'ont pu être identifiés qu'au niveau du genre ou de la famille.

Les 100 espèces se répartissent en 99 Gastéropodes (92 Prosobranches et 7 Opisthobranches) et 1 Bivalve. La méthode de récolte et de tri revient à éliminer un certain nombre d'Opisthobranches, notamment des Nudibranches, et la présente étude concerne essentiellement les mollusques à test externe. On notera, dans le tableau B, la forte dominance (richesse spécifique et abondance numérique) des Prosobranches et tout spécialement des Mesogastéropodes qui représentent plus de 50 % des espèces et plus de 75 % des individus.

REPARTITION DES MICROMOLLUSQUES RECOLTES.

Le tableau A donne les résultats de tous les comptages effectués, d'une part, et, d'autre

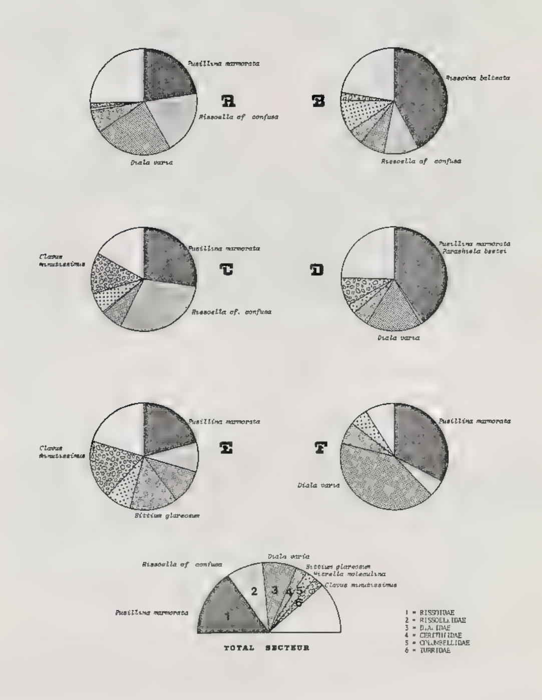


Figure 2 : Dominances, par station et pour l'ensemble du secteur étudié, des principales familles de micromollusques, avec mention des espèces les mieux représentées.

part. la figure 2 donne, par station et pour l'ensemble du secteur, la dominance des principales familles avec mention des espèces les mieux représentées. L'examen de ces deux illustrations amène aux conclusions suivantes :

A) Dominance de quelques familles :

En richesse spécifique, 5 Familles seulement (Rissoidae, Cerithiopsidae, Bulimidae, Turridae et Triphoridae) representent 65 % du total d'espèces. En nombre d'individus, la dominance de trois familles est encore plus frappante puisque les Rissoidae (651 individus), les Rissoellidae (358) et les Dialidae (347) représentent à eux trois près de 70 % des récoltes; il s'agit là de trois familles de Mésogastéropodes, ordre dont nous avons précédemment souligné l'importance dans notre microfaune.

B) Dominance de 3 espèces :

Il s'agit respectivement de *Pusillina marmorata* (361 individus) pour les Rissoidae, *Rissoella* cf. *confusa* (358) pour les Rissoellidae, et de *Diala varia* (233) pour les Dialidae. Elles contribuent pour 46 % à l'ensemble de la faune récoltée. L'espèce suivante, par ordre d'abondance décroissante, est à nouveau un Rissoidae : *Rissoina balteata*.

C) Richesse décroissante (en espèces et en individus) des stations A à F :

L'on note une diminution presque régulière de la richesse spécifique et de l'abondance en micromollusque, de la Pointe Vénus (station A) au Marina Lotus (station F), donc du nord-est au sud-ouest. L'explication à cette décroissance de richesse tient peut-être à une légère dégradation et à un confinement qui vont croissant de A vers F. Mais il convient de préciser qu'il s'agirait d'une dégradation et d'un confinement bien relatifs dans le cas précis de nos stations, toutes situées à faible distance de la zone barrière où déferlent les vagues. Les études réalisées à la même époque sur la macrofaune malacologique, dont il sera rendu compte par ailleurs (RICHARD en préparation) apportent un éclairage identique à ce problème.

BILAN DES CONNAISSANCES ACQUISES SUR LA REPARTITION DES MICROMOLLUSQUES EN MILIEU CORALLIEN.

Comme indiqué dans l'introduction, les seuls travaux de référence sont ceux de KAY(1971, 1974, 1979) sur l'atoll de Fanning. L'étude des micromollusques de Fanning concerne la thanatocénose de sédiments, alors que notre étude porte sur la biocénose de micromollusques vivant en épifaune sur les blocs calcaires d'arrière récif. Toutefois, les travaux sur les micromollusques sont si rares qu'il convient de faire le point des connaissances, de façon à degager les orientations de recherches à venir.

le tableau C indique les espèces dominantes des trois milieux prospectés par KAY (plateforme lagunaire, pâté corallien, fond de lagon), d'une part, et les espèces dominantes de nos prospections sur les biocenoses de Tahiti, d'autre part. Ce tableau, qui est un bilan, n'a aucun but comparatif.

Les espèces recensées à Fanning sont essentiellement des espèces de sédiments et des espèces dont les tests sont facilement transportés une fois l'animal mort. En revanche, les espèces dominantes à Tahiti *Pusillina marmorata* et *Diala varia*) n'ont pas été recoltées à Fanning. Il peut s'agir là de raisons biogéographiques ou écologiques. L'hypothèse biogéographique est

peu probable, car la région de Fanning est plus riche que la Polynésie française (EKMAN, 1953- RICHARD, 1982 - KOHN, 1983). L'hypothèse écologique est la plus vraisemblable et, compte tenu du bon balayage des milieux de l'atoll prospecté par KAY, nous pensons que ces deux espèces sont absentes de Fanning. On le trouve à Tahiti, où le complexe récifal étudié est celui d'une île haute volcanique dont les peuplements sont toujours beaucoup plus riches que ceux des atolls (RICHARD, 1982). On notera encore que *Diala flammea*, espèce dominante n° 1 dans les zones à pâtés coralliens et les fonds sableux du lagon de Fanning, est également représenté, mais en faible dominance (2,5%), dans la biocénose de Tahiti.

NIVEAU TROPHIQUE DE LA MICROFAUNE DE MOLLUSQUES.

Les trois familles dominantes récoltées dans l'épifaune des blocs calcaires du récif-barrière de Tahiti sont herbivores : Rissoidae, Rissoellidae et Dialidae. Le regime alimentaire herbivore est celui qui domine à toutes les stations prospectées, les autres régimes alimentaires tels que carnivores nécrophages (Columbellidae) ou carnivores (faunal grazers) (Triphoridae, Cerithiopsidae, Turridae) étant toujours en minorité. Toutefois, à la station E (Beachcomber), les carnivores et nécrophages sont assez bien représentés par des Turridae et des Columbellidae.

Nous noterons que la thanatocénose de Fanning étudiée par KAY révélait également la prédominance, dans les trois milieux, de teste de mollusques au régime herbivore.

CONCLUSION.

Ce travail est le premier qui soit publié sur l'inventaire, la répartition et quelques aspects de l'écologie des micromollusques vivants en milieu corallien. Un total de 100 espèces appartenant à une vingtaine de familles ont été récoltées. Les résultats des comptages, exprimés en richesse spécifique, en abondances numériques et en fréquences, font apparaître une dominance de trois espèces (*Pusillina marmorata, Rissoella cf. confusa* et *Diala varia*), et une décroissance en espèces comme en individus, du nord-est au sud-ouest du récif-barrière de Tahiti.

Cette étude sur Tahiti est un complément à l'étude des thanatocénoses de sédiments de Fanning. Il ne s'agit toutefois que d'une étude préliminaire et de nombreuses directions de recherches se dégagent de notre connaissance actuelle sur ces micromollusques tropicaux. En Polynésie française, les prochains travaux porteront sur les biocénoses de nouveaux biotopes (dalle corallienne, algalmats, faune cavitaire et sciaphile, épifaune d'algues, sédiments) et sur des comparaisons entre la biocénose et la thanatocénose, pour un même biotope, ceci aussi bien dans des environnements d'îles hautes volcaniques que d'atolls.

BIBLIOGRAPHIE.

CERNOHORSKY, W., O., 1978. Tropical Pacific Marine Shells. *Pacific Publications, Sydney*: 1-352, pl. 1-68.

DAUTZENBERG, Ph. et J., L. BOUGE, 1933. Les Mollusques testacés marins des Etablissements français de l'Océanie. *Journal de Conchyliologie, LXXXVII* : 41-469.

EKMAN, S., 1953. Zoogeography of the sea. *Sidgwick and Jackson limited, London, 417 pp.*

KAY, E., A., 1971. The littoral marine molluscs of Fanning island. *Pacific Science, 25, 2 : 260-281*

KAY, E., A., 1974. Fanning island : Editors note. *Pacific Science, 28, 3 : 207-210.*

KAY, E., A., 1979. Hawaiian marine shells. *Bishop Museum Press, Honolulu : 1-652.*

KOHN, A., 1983. Marine Biogeography and evolution in the tropical Pacific : zoological perspectives *Bulletin of Marine Science, 33 (3) : 528-535.*

LADD, 1966. Chitons and Gastropods (Haliotidae through Adeorbidae) from the western Pacific islands *Geological Survey Professional Paper, 531 : 1-98, pl. 1-16.*

LADD, 1972. Cenozoic fossil molluscs from western Pacific islands : Gastropods (Turritellidae through Strombidae). *Geographical Survey of Professional Paper, 532 : 1-79.*

MARSHALL, B.A., 1978. Cerithiopsidae (Mollusca : Gastropoda) of New Zealand, and a provisional classification of the family. *New Zealand Journal of Zoology, 5 : 47-120.*

MARSHALL, B.A., 1983. A revision of the recent Triphoridae of Southern Australia. *Records of the Australian Museum, supp. 2 : 1-117.*

PEASE, W., H., 1867. Description of Marine Gastropodae inhabiting Polynesia. *American Journal of Conchology, 3 : 211-222.*

PEASE, W.H., 1867. Description of sixty five new species of Marine Gastropodae, inhabiting Polynesia. *American Journal of Conchology, 3 : 271-297.*

PEASE, W., H., 1868. Description of Nudibranchiate Mollusca, inhabiting Polynesia. *American Journal of Conchology,: 299-305.*

POLI, G., DELESALLE, B., GABRIE, C., MONTAGGIONI, L., MONTEFORTE, M. NAIM, O., PAYRI,C. RICHARD, G. et J. TRONDLE, 1983. Tahiti, lagon zone urbaine : étude de l'environnement lagunaire du secteur urbain. *Museum/EPHE/Antenne de Tahiti, Rapport RA 10/1983, convention n° 81525 Territoire de la Polynésie française/N.E.B. : 1-110.*

PONDER, W., F., 1985. A review of the Genera of the Rissoidae (Mollusca : Mesogastropoda; Rissoacea). *Records of the Australian Museum, supp. 4 : 1-221.*

PONDER, W., F. et E., K. YOO, 1977. A revision of the Australian species of the Rissoellidae (Mollusca Gastropoda). *Records of the Australian Museum, 31, 4 : 133-185*

POWELL, A., W., B., 1966 - The molluscan families Speightiidae and Turridae. *Bulletin of the Auckland Institute and Museum, 5, : 1-184, pl. 1-23.*

RICHARD, G., 1982. Mollusques lagunaires et récifaux de Polynésie française : inventaire faunistique, bionomie, bilan quantitatif, croissance, production. *Thèse de Doctorat d'Etat, Paris VI, 1-2 1-313.*

RICHARD, G., 1985. Fauna and Flora, a first compendium of French Polynesian sea dwellers. *Fifth International Coral reef Congress, Tahiti, Mollusca, 1 : 412-445.*

SALVAT, B. et C. RIVES, 1975. Coquillages de Polynésie. *Editions du Pacifique, Papeete : 1-391*

WAREN, A., 1984. A generic revision of the family Eulimidae (Gastropoda, Prosobranchia). *Journal of Molluscan Studies, supp. 13 : 1-96.*

******

GASTROPODA

	A	B	C	D	E	F	TOTAL
ARCHEOGASTROPODA							
Scissurellidae (dét.Ponder)							
Scissurella coronata Watson, 1886	5	8	0	3	0	0	16
Lophocochlias parvissimus (Hedley, 1899) *	6	4	0	2	0	0	12
Turbinidae (dét.Trondle)							
Leptothyra picta (Pease, 1868)	7	25	1	4	6	1	44
Liotiidae (dét.Trondle)							
Liotia dautzenbergi Bavay, 1917	1	0	0	0	0	0	1
MESOGASTROPODA							
Rissoidae (dét.Ponder)							
Alvania cf. isolata (Laseron, 1956) *	0	0	1	0	1	0	2
Parashiela beetsi Ladd, 1966 *	29	25	0	15	5	6	80
Pusillina marmorata (Hedley, 1907)	129	57	90	70	8	7	361
Rissoina alexisi Ladd, 1966 *	1	1	0	0	0	0	2
Rissoina ambigua (Gould, 1849)	6	29	0	1	0	0	36
Rissoina balteata Pease, 1869	30	68	13	8	1	3	123
Rissoina ephamilla Watson, 1886	0	2	0	0	0	0	2
Rissoina horrida Garrett, 1873 *	0	3	0	0	0	0	3
Rissoina cf. plicata A.Adams, 1851	2	5	0	0	0	0	7
Rissoina cf. turricula Pease, 1861	0	23	0	0	0	0	23
Rissoina sp.1	5	0	0	0	0	0	5
Zebina insignis (Adams et Reeve, 1850) *	0	0	1	0	0	0	1
Zebina sp.1	0	2	0	0	1	3	6
Orbitestellidae (dét.Trondle)							
Orbitestella regina Kay, 1979 *	0	0	1	0	0	0	1
Rissoellidae (dét.Ponder)							
Rissoella cf. confusa Ponder et Yoo,1977	176	55	115	2	7	3	358
Omalogyridae (dét.Trondle)							
Omalogyra sp.1	10	4	0	0	0	0	14
Caecidae (dét.Trondle)							
Caecum arcuatum de Folin, 1867 *	20	3	1	1	0	0	25
Caecum cf. glabella A.Adams, 1868	0	2	3	0	0	0	5
Caecum sepimentum de Folin, 1867	72	9	10	5	7	0	103
Caecum cf. vertebrale Hedley,1899	3	1	0	0	0	0	4
Caecum sp.1	0	0	1	0	0	0	1
Dialidae (dét.Rehder)							
Cerithidium cf. diplax (Watson, 1886)	40	12	6	5	1	0	64
Diala flammea (Pease,1868)	32	8	3	5	0	1	49
Diala varia (A.Adams, 1861) *	139	18	17	29	7	23	233
Styliferina goniochila (A.Adams, 1860)	0	0	0	1	0	0	1
Cerithiidae (dét.Trondle)							
Bittium glareosum (Gould, 1861)	47	15	0	10	10	4	86
Bittium impendeus (Hedley, 1899)	10	6	1	2	1	0	20
Bittium parcum (Gould, 1861)	3	0	0	0	0	0	3
Bittium zebrum (Kiener, 1841)	1	3	0	0	0	0	4
Cerithiopsidae (dét.Trondle)							
Jaculator cf. granata Kay, 1979	0	0	1	0	0	0	1
Jaculator sp.1	0	1	3	0	0	0	4
Jaculator sp.2	0	0	1	0	0	0	1
Jaculator sp.3	2	0	2	0	0	0	4
Jaculator sp.4	2	1	2	2	0	0	7
Jaculator sp.5	7	0	1	0	0	0	8
Jaculator sp.6	0	1	0	0	0	0	1
Jaculator sp.7	0	1	0	0	0	0	1
Jaculator sp.8	2	0	0	0	0	0	2

Eulimidae (dét.Trondle)							
Balcis cf. inflexa (Pease, 1868)	0	0	1	2	0	3	6
Eulima sp.1	5	0	0	0	0	0	5
Eulima sp.2	4	0	0	0	0	0	4
Eulima sp.3	3	0	0	0	0	0	3
Eulima sp.4	1	0	0	0	0	0	1
Eulima sp.5	2	0	0	0	0	0	2
Eulima sp.6	10	0	0	0	0	0	10
Eulima sp.7	1	0	0	2	0	0	3
Eulima sp.8	0	2	0	0	0	0	2
Eulima sp.9	0	1	0	0	0	0	1
Eulima sp.10	0	1	0	0	0	0	1
Eulima sp.11	0	0	1	0	0	0	1
Pyramidelloïdes sp.1	0	6	0	0	0	0	6
NEOGASTROPODA							
Columbellidae (dét.Trondle)							
Mitrella marquesa (Gaskoin, 1852)	0	30	0	0	0	0	30
Mitrella moleculina (Duclos, 1840)	4	8	18	4	1	0	35
Mitrella russelli Brazier, 1874	0	0	4	0	0	0	4
Pyrene turturina (Lamarck, 1842)	0	0	1	0	5	0	6
Pyrene varians (Sowerby, 1832)	0	1	1	0	0	0	2
Zafra troglodytes (Souverbie, 1866)	7	11	0	3	0	3	24
Marginellidae (dét.Trondle)							
Cysticus aff. huna Kay, 1979	3	0	1	0	0	0	4
Turridae (dét.Cernohorsky)							
Clavus cf. bilineatus (Reeve, 1845)	1	0	0	0	0	0	1
Clavus minutissimus (Garrett, 1873)	0	1	28	14	8	0	51
Clavus papillosa (Garrett, 1873)	0	0	4	0	0	0	4
Daphnella reeveana (Deshayes, 1863)	0	2	0	0	0	0	2
Etrema sp.1	1	0	0	1	0	0	2
Eucithara sp.1	0	0	1	0	0	0	1
Lienardia compta (Reeve, 1845)	1	0	0	0	0	0	1
Lienardia granosa (Dunker, 1871)	0	0	0	1	0	0	1
Lienardi nigrocincta (Montrouzier, 1872)	1	0	3	2	6	1	13
Lienardia sp.1	1	0	0	0	0	0	1
Macteola interrupta (Reeve, 1846)	4	1	4	1	0	0	10
Mitrolumna metula (Hinds, 1843)	1	1	10	1	0	0	13
Philbertia barnardi (Brazier, 1876)	0	6	0	0	0	0	6
Philbertia cf. felina (Hinds, 1843)	0	1	0	0	0	0	1
Philbertia tincta (Reeve, 1846)	1	1	0	0	0	0	2
Philbertia sp.1	1	0	0	0	0	0	1
HETEROGASTROPODA							
Triphoridae (dét.Marshall)							
Iniforis cf. goubini (Hervier, 1897)	0	1	0	0	0	0	1
Mastonia aurea (Hervier, 1897) *	0	0	1	0	0	0	1
Mastonia concors (Hinds, 1843)	0	0	0	1	0	0	1
Mastonia evandina Laseron, 1958 *	0	0	2	4	0	0	6
Mastonia iris Laseron, 1958 *	1	0	7	1	0	0	9
Mastonia papillata (Hervier, 1897)	4	0	0	0	0	0	4
Mastonia cf. squalida Kosuge, 1962	0	0	0	1	0	0	1
Mastoniaeforis chaperi Jousseaume, 1884 *	12	1	14	10	0	0	37
Metaxia brunnicephalis Kay, 1979 *	0	0	0	1	0	0	1
Obesula sp.1	5	4	0	0	0	0	9
Risbecia montrouzieri (Hervier, 1897) *	0	0	3	1	0	0	4
Triphora triticea Pease, 1861 *	0	1	1	0	0	0	2
Triphora sp.1	0	1	0	0	0	0	1
Viriola vulpina (Hinds, 1843) *	9	9	3	7	1	0	29

ENTOMOTAENIATA							
Pyramidellidae (dét.Trondle)							
Miralda scopulorum Watson, 1886 *	0	6	0	0	0	0	6
Odostomia sp.1	0	1	0	0	0	0	1
Turbonilla af. thaanumi Pilsbry et Vanatta,1908	0	5	0	6	0	0	11
SACOGLOSSA							
Juliidae (dét.Trondle)							
Julia cf. borbonica (Deshayes, 1863)	2	2	0	1	0	0	5
Julia aff. exquisita Gould, 1862	12	5	0	1	0	0	18
Julia exquisita Gould, 1862 *	2	1	2	1	0	0	6
Julia sp.1	3	0	0	0	1	0	4
BIVALVIA							
VENEROIDA							
Lasaeidae (dét.Trondle)							
Nesobornia cf. bartschi Chavan, 1969	0	4	0	0	0	0	4

Tableau A : Index systématique des espèces récoltées à l'occasion du présent travail, avec mention du nombre d'individus récoltés dans chaque station et pour la totalité du secteur.
Les espèces citées pour la première fois en Polynésie française sont signalées par un astérisque.

	Familles	Genres	Espèces	Individus
Archaeogastropoda	4	4	4	73
Mesogastropoda	9	18	51	1596
Neogastropoda	3	12	23	215
Heterogastropoda	1	8	14	106
Entomotaeniata	1	3	3	18
Sacoglossa	1	1	4	33
Bivalvia	1	1	1	4
Total	20	47	100	2045

Tableau B : Diversité taxonomique de l'épifaune de micromollusques des cailloutis récifaux, dans les lagons de la zone urbaine de Tahiti.

ILE :	Atoll de FANNING		TAHITI	
Milieu	Lagoon Reef Flat	Patch reef	Lagoon floor	Récif-barrière
Nombre d'espèces	65	44	53	100
Espèces dominantes	*Tricolia variabilis* *Diala flammea* *Obtortio pupoides* *Obtortio sulcifera* *Merilina sp.* *Leptotrya sp.* *Acteocina sp.* *Parriturbo minutissima*	*Diala flammea* *Obtortio sulcifera* *Tricolia variabilis*	*Diala flammea* *Obtortio pupoides* *Odostomia sp.* *Turbonilla sp.*	*Pusillina marmorata* *Rissoella cf. confusa* *Diala varia*

Tableau C : Comparaison des prospections de Fanning (KAY, 1971, 1974) et de Tahiti (présent travail). Les espèces dont les noms sont soulignés existent exclusivement à Fanning, ou à Tahiti, pour les milieux prospectés.

Haliotis, 15, 1986
p. 73 à 81

OBSERVATIONS ON A COLLECTION OF *GLAUCUS ATLANTICUS* (GASTROPODA, OPISTHOBRANCHIA)

by

Alan BEBBINGTON

Department of Science, Bristol Polytechnic
and Department of Zoology, University of Bristol, G.B.

ABSTRACT :

Live specimen of *Glaucus atlanticus* were collected during a cruise of RRS *Discovery* in the eastern North Atlantic in 1983. This paper describes the specimens together with observations on feeding and reproduction, including egg-laying and development to hatching.

RESUME : Observations sur une récolte de *Glaucus atlanticus*

En 1983, des spécimens vivants de *Glaucus atlanticus* ont été récoltés au cours d'une croisière du RRS *Discovery* dans le Nord-Est Atlantique. Dans cette communication nous donnons la description de ces Mollusques et rapportons des observations sur leur nourriture et leur reproduction, y compris sur le développement jusqu'à l'éclosion des véligères.

INTRODUCTION.

The first published record of a member of the family Glaucidae was from the Mediterranean Sea (Breyn, 1705), Bennet (1836) described living specimens of *Glaucus* from the Atlantic Ocean. The firthserious anatomical paper dealing with the family was Bergh's monograph (1868) in which he reviewed previous records. Thompson and McFarlane (1967) examined specimens from the Gulf od Aden paying particular attention to the anatomy and histology of the alimentary, reproductive and nervous systems. They conclude that the family Glaucidae contains two genera, *Glaucus* Forster, 1777 and *Glaucilla* Bergh, 1868, and that all records of *Glaucus s.s.* should be named *Glaucus atlanticus* Forster, 1777. A synonymy was given .

Live specimens of *Glaucus atlanticus* from the eastern North Atlantic were examined for this paper. The specimens were collected using a light-weight neuston net during a cruise of RRS *Discovery* in 1983 at stations 10900 - 10926 between Madeira and the Azores (Herring *et al*, 1983). Notes on feeding and reproduction were made including egg-laying and development to hatching. Some material was preserved for subsequent study in Bristol.

MATERIALS AND METHODS.

Live specimens of *Glaucus atlanticus* were collected from the eastern North Atlantic on 25 august to 3 september 1983 at stations 10900 - 10926 (31° 25.91 N, 20° 50.23 W to 36° 51.05 N, 22° 34.93 W); a total of seventy-six specimens were found at the last five stations (10922-10926). The hauls also included the coelenterates *Velella* and *Porpita* on which *Glaucus* feeds.

The specimens were kept in small glass dishes in the laboratory on board ship, where feeding and reproduction were observed.

Material was preserved for subsequent examination in Bristol where both light and scanning electron microscopes were used. Jaw and radula preparations were made by dissolving

the flesh away in caustic potash, washing with 70 % alcohol and then mounting flat in polyvinyl lactophenol with lignin pink. (Thompson, 1958a). Material for the scanning electron microscope was first dried and the coated with a thin layer of gold-palladium alloy.

HABITS AND MORPHOLOGY :

Glaucus atlanticus is found in the surface waters of the oceans. The wide body and large ceratal clusters aid buoyancy which is further increased by the presence of a gas bubble in the stomach. Strong sphincter muscles guard the exit from the stomach into the cerata, and into the intestine, so that the air bubble does not easily escape (Thompson and McFarlane, 1967).

Animals which live in water usualy have their dorsal surfaces darker coloured than their ventral surface which is normally underneath and in the shade. This camouflage colour pattern is reflected in *Glaucus* which floats with its ventral surface uppermost and which is here the darker side. The ventral surface of *Glaucus* is blue whilst the underneath (dorsal surface) is silvery with a pearly iridescence. A coloured photograph of *Glaucus* is given by Thompson (1976, Plate 7b).

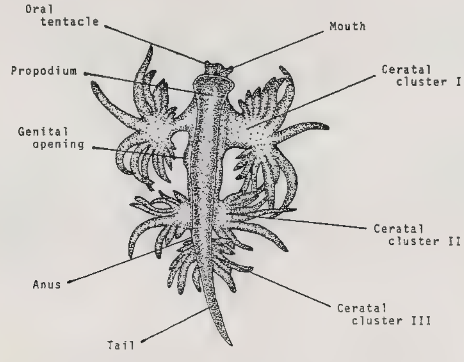


Fig. 1 - External features of *Glaucus atlanticus* - ventral aspect, drawn from life of a specimen with a body-length of 3.7 cm.

The main external features of *Glaucus* are shown in Figure 1. The smallest of these eastern Atlantic specimens measured 3 mm in body-length and the largest measured 3.9 cm in body-length. The larger specimens are larger than those described from the Gulf of Aden by Thompson and Mc Farlane (1967) but are smaller than those described from New Zealand by Miller (1974).

The numbers of cerata vary with age and size of the individual (Fig. 2). The adult specimen shown in Figure 1 has the cerata arranged in three pairs of clusters. Table 1 shows the apportionment of the cerata in 10 specimens together with their body-lengths.

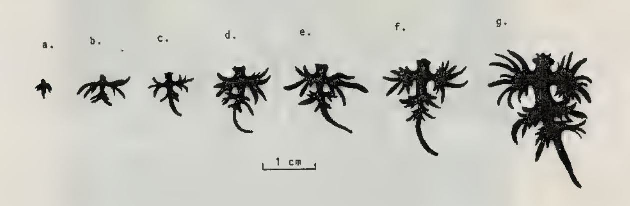


Fig. 2. Growth series of *Glaucus atlanticus* to show the increase in the number of cerata with increase in body-length.

Body-length live mm	Number of cerata on each side		
	Cluster I	Cluster II	Cluster III
3	4	1	-
5	6	3	-
8	6	3	1
10	9	3	1
16	9	9	5
19	12	6	3
20	17	12	10
25	18	12	6
28	19	14	7
32	18	12	8

Table 1.- *Glaucus atlanticus* - ceratal clusters in a representative sample from the eastern North Atlantic.

Examination of the buccal mass complex was made with the aid of both light and scanning electron microscopes. The masticatory borders of the jaws bear denticulations (Fig. 3a,c,d). The outermost row (Fig. 3c) are pointed and measure up to 14 µm in height. The second row are more rounded and are about half the height of the first row. There are several rows of smaller denticulations behind the other two rows (fig. 3d). Thompson and McFarlane (1967) who illustrated the buccal apparatus apparently missed the second and subsequent rows of denticulations. Gosliner (1979) noted that neither Thompson and Mc Farlane (1967) nor Baba (1949) reported on the number of denticulations on the masticatory border; he found 130 denticles. A specimen from the eastern North Atlantic of body-length 0,6 cm was found to have 145 denticles on one jaw and 141 on the other.

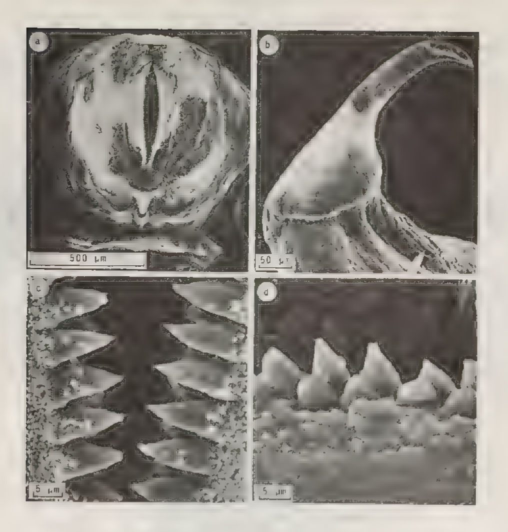


Fig. 3 - *Glaucus atlanticus* - scanning electron microscope pictures of a. frontal view of head showing jaws; b. penial spine; c. external view of masticatory border of jaws showing denticulations; d. view of jaws denticulations from the inside looking outwards.

The radula is uniseriate. The radular formulae of four of the specimens with body-lengnts of 0.6 cm, 1.9 cm, 2.5 cm and 2.8 cm were found to be 14 x 0.1.0, 17 x 0.1.0, 16 x 0.1.0 and 15 x 0.1.0 respectivety . The number of denticulations on either side of the central cusp of the radular tooth is variable (Fig. 4). The variation in the number of denticulations in these specimens was found to be 5-7, 3-5, 3-6 and 5-7 respectively. Only one of the above radulae (Fig. 4b) showed a very high degree of asymmetrical wear as found by Thompson and McFarlane (1967) in which the denticulations on one side of the central cusp were well worn.

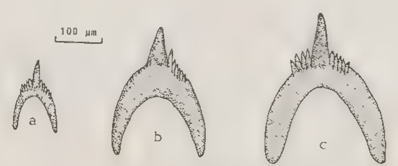


Fig. 4. *Glaucus atlanticus* - representative radular teeth from specimens with body lenghts in life of a. 0.6cm, b. 2.5cm, and c. 2.8cm. Note the asymmetrical wearing away of the denticulations on one side of the central cusp in b.

When feeding in the laboratory *Glaucus* was seen to manoeuvre itself, with the aid of its cerata, so that its mouth was in contact with the lower surface of the floating *Velella*. The masticatory borders of the jaws help to grip the prey whilst the radula cuts pieces off the tentacles and gastrozooids. The action of the radula was assisted by backward jerks of the head.

It has been known for a long time that the tips of the cerata of aeolid nudibranchs contain nematocysts and that these are obtained directly by feeding upon coelenterate prey. *Glaucus* feeds upon *Physalia*, *Velella* and *Porpita*. Thompson and Bennett (1970) showed that *Glaucus* preferentially retain for their own defence the nematocysts of *Physalia* so that *Glaucus* is potentially harmful to man.

Glaucus is hermaphrodite. The common genital opening is on the right hand side of the body between the first and second ceratal clusters (Fig. 1). The anatomy and histology of the reproductive system has been described by Thompson and McFarlane (1967). Miller (1974) found that the allosperm duct described by Thompson and McFarlane (1967) was only a pore in a New Zealand specimen, and that there was no small sac on the section of the oviduct near this.

Copulation was observed in the laboratory. Fig. 5 shows a pair of individuals with their penises entwined as they manoeuvre themselves close to each other before exchanging spermatozoa. It is very difficult for the mating individuals to apply their genital openings close together because of the lateral swellings and the cerata. The penis (Fig. 6a) is very long to compensate for this and it is tipped by a curved penial spine (Fig. 3b and Fig. 6). After the exchange of spermatozoa the individuals separated.

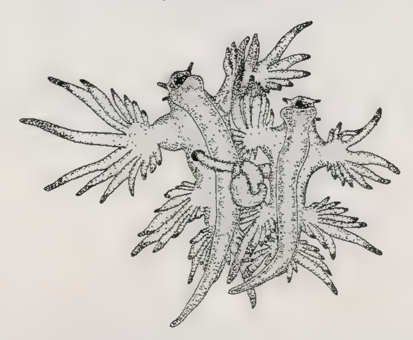


Fig. 5 - *Glaucus atlanticus* - two individuals with their penises entwined manoeuvre themselves to get closer together prior to the reciprocal exchange of spermetozoa during mating. From a photograph - source unknown.

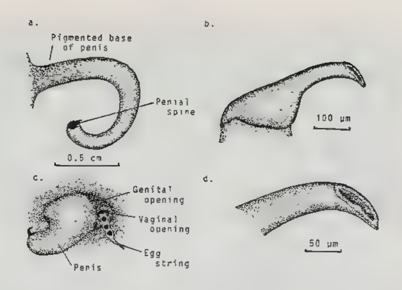


Fig. 6 - *Glaucus atlanticus* - a. extended penis ; b. penial spine; c. view of genital opening during shedding of egg strings; d. detail of tip of penial spine.

Egg laying was observed in other individuals. Fig. 6c shows the egg string emerging from the vaginal opening within the genital opening. A specimen of body-length 3.2 cm produced egg strings at rates varying from 11.5 to 39 seconds per string with intervals of 45 to 52 seconds between each string. Fig. 8a shows a typical egg string and the arrangement of ova within it. The capsules are arranged in a single line within the mucous coat and each capsule contains one ovum. A selection of 100 egg strings was made at random and counts taken of the number of ova that each contained. Fig. 7 shows the variation in numbers of ova per egg string. The number of ova per egg string was found to vary between 10 and 36.

On extrusion of the egg string the ova within it are distorted in shape but soon assume a spherical appearance. Development within the egg string was rapid but conditions rendered it impossible to gain accurate timings of events. Cleavage divisions were seen to

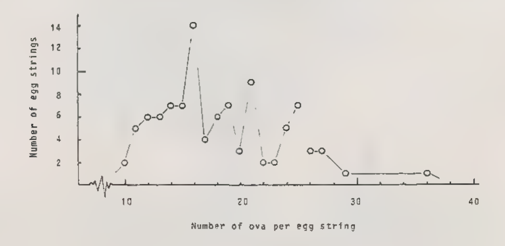


Fig. 7 - *Glaucus atlanticus* - distribution of numbers of ova per egg string in a random sample of 100 egg strings.

be unequal and spiral as shown at the eight-cell stage (Fig. 8b) where the smaller micromeres are displaced in relation to the larger megameres. Cleavage divisions continued in a series of alternately dexiotropic and laeiotropic divisions to form a sterroblastula. The embryo later became cloaked with cilia (Fig. 8c) became very active within their capsules. The veligers hatched from their capsules within 48 hours of being laid at a temperature of 25°C.

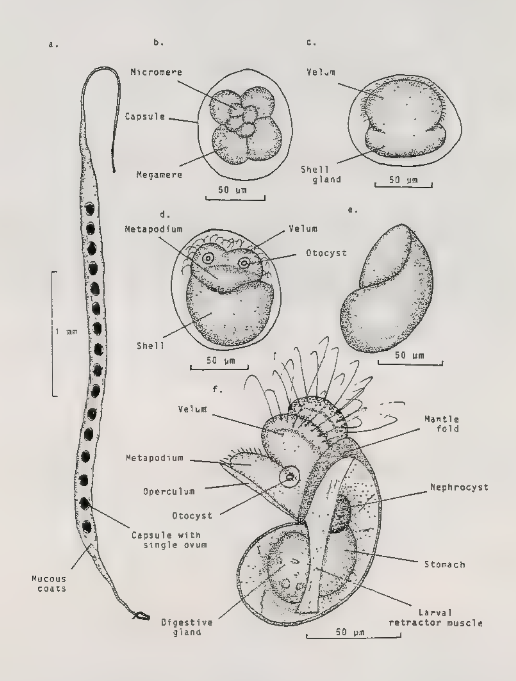


Fig. 8.- *Glaucus atlanticus* - a. egg string showing the arrangement of capsules; b. eight-cell stage; c. dorsal view of embryo showing development of velum; d. veliger before hatching; e. larval shell (type 1);
f. free hand drawing from life of the newly hatched free swimming veliger larva.

Fig. 8f shows the structure of the veliger soon after hatching. The veligers are free swimming and swin upwards, some becoming trapped in the surface film of water. During swimming the velar lobes are uppermost, the shell down. Locomotion being affected by the beat of the long velar cilia which impart a forward motion to the larva. Swimming activity is interrupted at intervals, as in *Adalaria* (Thompson, 1958b) the larva partially retracting into the shell and sinking slowy.

All the larvae died within 24 hours of hatching so that metamorphosis could not be studied.

Observations on development show that it fits into opisthobranch development type 1 (Thompson, 1967) and that the veligers possess larval shells of type 1 (Thompson, 1961).

SUMMARY.

1. Specimens of live *Glaucus atlanticus* Forster, 1777 are described from the eastern North Atlantic.
2. The specimens were collected together with *Velella* and *Porpita* members of the well known oceanic community which also includes *Physalia* and *Janthina*.
3. Details of the structure of the masticatory borders of the jaws are given.
4. The method of feeding on *Velella* is described.
5. The penis and penial spine are illustrated.
6. Copulation is described together with notes on egg laying.
7. Development is described up to the hatching of the free swimming veliger larva.
8. Development fits into opisthobranch development type 1 and the veliger possess larval shells of type 1.

ACKNOWLEDGEMENTS.

The author wishes to thank Dr P. Herring for his kind invitation to take part in Cruise 140 of RRS *Discovery*, and to both scientists and crew on board for their many kindnesses. The author is indebted to The Royal Society for assistance with funds for travel.

Mrs P.M. Shore is thanked for help with the S.E.M. photographs and Dr T.E. Thompson for helpful discussions.

REFERENCES.

BABA, K., 1949. *Opisthobranchia of Sagami Bay collected by His Majesty, the Emperor of Japan.* Iwanami Shoten, Japan. Pp. 1-194, pls 1-50.

BENNETT, G., 1836. Observations on a species of *Glaucus*, referred to the *Glaucus hexapterygius*, Cuvier. *Proceedings of the Zoological Society of London* (1834-6) : 113-119.

BERGH, R., 1868. Anatomiske bidrag til Kindskab on Aeolidierne. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter*, 7 : 139-316, pls I-IX.

BREYN, R.P., 1705. De plantis et insectis quibusdam rarioribus in Hispania observatis. *Philosophical Transactions* (1704-5), 24 : 2045-2055, pl. II.

GOSLINER, T.M., 1979. The systematics of the Aeolidiacea (Nudibranchia : Mollusca) of the Hawaiian Islands, with descriptions of two new species. *Pacific Science*, 33 : 37-77

HERRING, P.J. *et al.* , 1983. RRS *Discovery* Cruise 140 : Leg 1. 5-22 August 1983. Leg 2. 22 August 13 September 1983. Biological and physiological studies in the eastern North Atlantic (15°N-45°N). *Institute of Oceanographic Sciences, Cruise Report*,N° 155 : 1-47.

MILLER, M.C., 1974. Aeolid nudibranchs (Gastropoda : Opisthobranchia) of the family Glaucidae from New Zealand waters. *Zoological Journal of the Linnean Society*,54 : 31-61.

THOMPSON, T.E., 1958a. Observations on the radula of *Adalaria proxima* (A & H) (Gastropoda, Opisthobranchia). *Proceedings of the Malacological Society of London*,33 : 49-56.

THOMPSON, T.E., 1958b. The natural history, embryology, larval biology and post-larval development of *Adalaria proxima* (Alder and Hancock) (Gastropoda, Opisthobranchia). *Philosophical Transactions of the Royal Society. Series B*, 242 : 1-58.

THOMPSON, T.E. 1961. The importance of the larval shell in the classification of the Sacoglossa and the Acoela (Gastropoda, Opisthobranchia). *Proceedings of the Malacological Society of London*, 34 : 233-238.

THOMPSON, T.E., 1967. Direct development in a nudibranch, *Cadlina laevis*,with a discussion of developmental processes in Opisthobranchia. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*,47 : 1-22.

THOMPSON, T.E., 1976. *Biology of opisthobranch molluscs I.* London, Ray Society, Pp.1-206.

THOMPSON, T.E. and BENNETT, I., 1970. Observations on Australian Glaucidae (Mollusca : Opisthobranchia). *Zoological Journal of the Linnean Society*,49 : 187-197.

THOMPSON, T.E. and McFARLANE, I.D., 1967. Observations on a collection of *Glaucus* from the Gulf of Aden with a critical review of published records of Glaucidae (Gastropoda, Opisthobranchia). *Proceedings of the Zoological Society of London*,178 : 107-123.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 83 à 90

ETUDE FAUNISTIQUE ET COENOTIQUE DES MOLLUSQUES BIVALVES ET GASTEROPODES DES LAGUNES D'ALBUFEIRA et OBIDOS (Portugal)

par

QUINTINO Victor*, RODRIGUES Ana-Maria*, GENTIL Franck**

* *Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, Instituto de Energia, Estrada Nacional n°10, 2685 SACAVEM, Portugal.*

** *Université P. & M. Curie et L.P. 4601-CNRS, Station Biologique, 29211 ROSCOFF, France.*

ABSTRACT . Malacological fauna (Bivalves and Gastropods) from two portuguese lagoons (Albufeira and Obidos).

From the analysis of 107 dredge collected samples, initial data are provided on malacological macrofauna (Bivalves and Gastropods) from two portuguese lagoons.

Distribution of 66 species, principally Bivalves, allow us to compare coenotic assemblages from each lagoon with regard to hydrological and sedimentary parameters.

KEY WORDS : Bivalves, Gastropods, Taxocoenoses, Lagoon, Portugal.

INTRODUCTION

Dans le cadre d'une étude de bionomie benthique dans les lagunes d'Albufeira et d'Obidos (côte ouest du Portugal), 107 stations d'échantillonnage de la macrofaune ont été réalisées en 1984. La granulométrie et la teneur en matière organique du sédiment ont été mesurées ainsi que plusieurs descripteurs hydrologiques.

Les résultats acquis font déjà l'objet de publications (QUINTINO et RODRIGUES, sous presse; RODRIGUES et DAUVIN, sous presse) ou seront ultérieurement publiés.

Ce travail présente les premières données sur la malacofaune (Bivalves et Gastéropodes) des deux lagunes, avec 66 espèces recensées (44 Bivalves et 22 Gastéropodes). Une analyse des taxocoenoses définies dans chaque lagune permet de caractériser celles-ci par rapport aux nombreux travaux concernant la faune malacologique des milieux lagunaires (notamment MARS, 1966; MULS, 1967; ZAOUALI, 1981, GUELORGET et PERTHUISOT, 1983).

METHODOLOGIE.

1. Echantillonnage.

L'échantillonnage a été réalisé à l'aide d'une drague Rallier du Baty, d'une benne Ponar (7 à 8 prélèvements par station) ou d'une bêche pour le banc sableux intertidal d'Obidos (0,5 m² sur 15 cm de profondeur); 30 à 40 litres de sédiment ont été lavés sur un tamis (maille carrée de 1 mm de côté) pour chacune des 107 stations qui se répartissent en 57 stations pour Obidos (fevrier-mars 1984) et 50 stations pour Albufeira (septembre 1984). Le refus de tamisage a été

fixé au formol salé 10 % neutralisé, et le tri des invertébrés a été réalisé au laboratoire après coloration au rose bengale.

2. Traitement des données :

La matrice des données brutes qualitatives (stations x espèces) de chaque lagune a été exploitée par la méthode de l'analyse factorielle des correspondances (BENZECRI, 1973) qui permet de définir simultanément les groupements stations et les groupements espèces (voir par ex. GUILLE et PONGE, 1975). L'interprétation des deux premiers axes d'inertie a été basée sur une classification ascendante hiérarchique établie pour les quatre premiers facteurs.*

PRESENTATION DES LAGUNES ETUDIEES.

1. Lagune d'Obidos.

Cette lagune d'une surface de 7 km² se situe à 100 km au nord de Lisbonne. Sa communication avec l'océan est assurée par un chenal étroit et peu profond (1 à 2 m). La profondeur des stations s'échelonne de 0,5 à 5 m., avec 12 stations localisées sur des bancs de sables intertidaux.

La structure granulométrique des sédiments met en évidence un gradient d'envasement croissant depuis l'embouchure vers le fond de la lagune; la majorité des sédiments sont fortement envasés, les sédiments sableux restant cantonnés aux régions amont (sables grossiers et moyens de type dunaire comportant moins de 5 % de pétites).

Un herbier à *Zostera marina* est localisé essentiellement au bord sud de la lagune (stations 22 à 28 et 40, fig. 1).

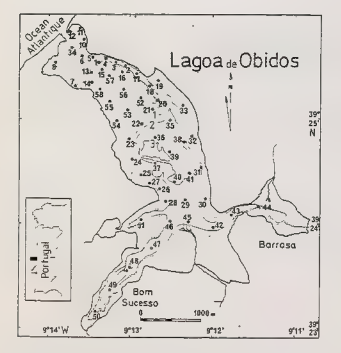


Figure 1. Lagune d'Obidos : Stations d'échantillonnage et bathymétrie (tirets = 0 m).

Globalement les conditions de salinité et de température des eaux restent relativement peu différentes des conditions marines au débouché de la lagune.

L'exploitation de populations naturelles de Bivalves (coque, palourde) prend une place importante dans l'économie locale des pêcheries.

2. Lagune d'Albufeira :

Située à 30 km au sud de Lisbonne, cette lagune s'étend sur 1,3 km². Sa communication avec l'océan est assurée par un chenal étroit et peu profond (1 m), entretenu par des travaux de dragages après les tempêtes hivernales. La profondeur des stations s'échelonne de 0,5 à 14 m (fig. 2).

Les sédiments vaseux sont largement prépondérants, et seule la zone de l'embouchure présente des sables avec un taux de pélites

---

* Le traitement a été réalisé sur un ordinateur NORD-570 du Centre de Calculs du LNETI (Sacavem) avec des logiciels adaptés par J.L. DOUVILLE (Roscoff) de la bibliothèque de l'ADDAD (Paris)

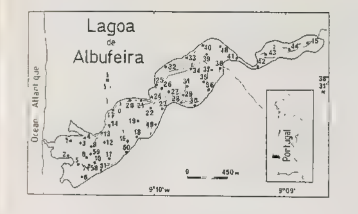


Figure 2 : Lagune d'Albufeira. Stations d'échantillonnage et bathymétrie (tirets=0m.)

inférieur à 5 % du sédiment total (QUINTINO et RODRIGUES, sous presse).

Un herbier à *Ruppia cirrhosa* est localisé sur la grande partie du pourtour de la lagune (entre 2 et 5 m de profondeur).

De même qu'à Obidos, les conditions de salinité et de température des eaux de la lagune ne paraissent pas extrêmement variables au cours de l'année; toutefois durant les périodes d'obstruction de la communication avec l'océan, on observe notamment de fortes variations de la salinité de surface et du taux d'oxygène dissous (CABRAL et *al.* en préparation).

L'activité économique marine est surtout représentée par la mytiliculture et la pêche aux anguilles.

RESULTATS.

1. Liste faunistique :

Au total, 36 espèces de Bivalves et 22 de Gastéropodes ont été récoltées dans les 107 stations; en plus de ces 58 espèces, 8 espèces supplémentaires de Bivalves ont été échantillonnées au cours d'observations complémentaires et sont notées avec un astérisque dans la liste faunistique (tableau 1).

2. Analyse faunistique :

a) Lagune d'Obidos :

Les 17923 individus récoltés correspondent à 23 espèces de Bivalves (8170 ind.) et 17 de Gastéropodes (9753 ind.); neuf espèces sont représentées par un seul exemplaire; 13 par plus de 100 (dont 5 par plus de 1000 ind.).

Treize espèces, *Abra alba, A. ovata, Cerastoderma* sp (*edule* ou *glaucum*), *Corbula gibba, Haminea navicula, Hydrobia ulvae, H. ventrosa, Loripes lacteus, Parvicardium exiguum, Scrobicularia plana, Tellina tenuis, Venerupis decussata, V. pullastra,* y présentent une fréquence supérieure à 20% et constituent plus de 97 % du total des individus.

Les résultats de l'analyse des correspondances(fig. 3 : axe 1 = 13,39 % de l'inertie totale; axe 2 - 10,13 %) complétée par une classification ascendante hiérarchique permettent de différencier trois groupes d'affinité coenotique (répartition géographique indiquée sur la figure 4).

- l'ensemble 01 regroupe les stations 11 et 12 situées sur des sables grossiers au débouché de la lagune, et correspond à une faune peu diversifiée (4 espèces) dont *Rissoa cf. parva* (exclusive) et *Spisula ovalis*;

GASTEROPODES

Trochidae :
1. *Gibbula cineraria*(L) : 0
2. *Gibbula pennanti* :(PHILIPPI, 1836):A,0
3. *Gibbula umbilicalis* (DA C.):0

Littorinidae :
4. *Littorina littorea* (L.) : 0

Hydrobiidae :
5. *Hydrobia acuta* (DRAPARNAUD, 1905) : A
6. *Hydrobia ulvae* (PENNANT,1777):A,0
7. *Hydrobia ventrosa* (MONTAGU, 1803):0

Rissoidae :
8. *Rissoa cf. parva* (DA C):0
9. *Rissoa membranacea* (J.ADAMS,1800):A,0
10. *Rissoa sp.* A:A
11. *Rissoa sp.*B:A,0

Cerithiidae :
12. *Bittium reticulatum* (DA C.):A,0

Epitoniidae :
13. *Epitonium clathrulum* (KANMACHER,1797);A
14. *Epitonium clathrus* (L.) : 0

Calyptraeidae :
15. *Calyptrea chinensis* (L.) : A,0

Nassariidae :
16. *Nassarius pygmaeus*(LAMARCK,1822) : A
17. *Nassarius reticulatus*(L.) : A,0

Pyramidellidae :
18. *Turbonilla elegantissima* (MONTAGU,1853):A,0

Philinidae :
19. *Philine aperta* (L.) : 0

Atyidae :
20. *Haminea hydatis* (L.):A
21. *Haminea navicula* (DA C.) : A,0

Akeridae :
22. *Akera bullata* MULLER, 1776 :A,0

BIVALVES

Anomiidae :
Anomia ephippium L.:A *

Mytilidae :
23. *Musculus costulatus* (RISSO,1826):A
24. *Mytilaster minimus* (POLI,1795):A
25. *Mytilus galloprovincialis* LAMARCK,1819:A,0

Lucinidae :
26. *Divaricella divaricata* (L.) :A
27. *Loripes lacteus* (L.) :0

Montacutidae :
28. *Montacuta ferruginosa* (MONTAGU,1808) : A
Mysella bidentata (MONTAGU, 1803) : A*

Cardiidae :
29. *Cerastoderma sp* (*edule* ou *glaucum*):A,0
Laevicardium crassum (GM.):0*
30. *Parvicardium exiguum* (GM.):A,0
31. *Parvicardium sp.* :0

Veneridae :
32. *Callista chione* (L.) : A
33. *Dosinia exoleta* (L.):A,0
34. *Dosinia lupinus* L.) : A
35. *Venerupis aurea* (GM.) : A
36. *Venerupis decussata* (L.) : A ,0
37. *Venerupis pullastra* (MONTAGU):A,0
Venus fasciata (DA C.):A*
38. *Venus striatula* (DA C.) : 0

Petricolidae :
39. *Petricola lithophaga* (RETZIUS, 1786):A

Mactridae :
Mactra corallina (L.) :A*,0*
Mactra glauca BORN, 1863 :A*
40. *Spisula ovalis* (SOWERBY,1817) : A
41. *Spisula solida* (L.):0
42. *Spisula subtruncata* (DA C.):A,0

Lutrariidae :
Lutraria lutraria (L.):A*,0*

Mesodesmatidae :
43. *Ervilia castanea* (MONTAGU, 1859) : A,0

Donacidae :
44. *Donax trunculus* (L.) : A,0
Donax variegatus GM. : A*

Tellinidae :
45. *Gastrana fragilis* (L.) : A
46. *Tellina donacina* L. : A,0
47. *Tellina fabula* GRONOVIUS, 1853 :A
48. *Tellina tenuis* DA C.:A,0

Scrobiculariidae :
49. *Abra alba* (WOOD, 1801) :A,0
50. *Abra ovata* (PHILIPPI, 1836) :A,0
51. *Scrobicularia plana* (DA C.):0

Solecurtidae :
52. *Pharus legumen* (L.):0

Solenidae :
53. *Ensis siliqua* (L.):A*,0
54. *Ensis sp.* : 0
55. *Solen marginatus* PENNANT, 1777; A

Corbulidae :
56. *Corbula gibba* (OLIVI 1792) : A,0

Hiatellidae :
57. *Hiatella arctica* (L.) : 0

Thraciidae :
58. *Thracia phaseolina* LAMARCK, 1853 : A

Tableau 1 : Liste faunistique des espèces récoltées.
L'ordre et la synonymie de la liste ont été établis d'après TEBBLE (1966) et D'ANGELO et GARGIULLO (1978); les espèces du genre *Hydrobia* ont été déterminées d'après FRETTER et GRAHAM(1978) et GIUSTI et PEZZOLI (1984). Les lettres A et 0 indiquent respectivement la présence dans les lagunes d'Albufeira ou Obidos; les chiffres 1 à 58 permettent de retrouver les espèces dans les figures 3 et 5; les abréviations L.=LINNE,1758/GM.=GMELIN,1790/DA C=DA COSTA 1778 ont été utilisées

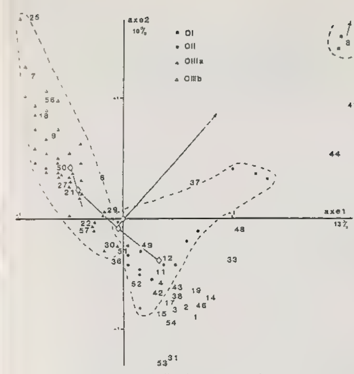


Figure 3. Analyse factorielle des correspondances : représentation dans le plan des axes 1 et 2 (% de l'inertie totale indiqué) des résultats (lagune d'Obidos).
Les points-espèces sont indiqués par les chiffres utilisés dans la liste faunistique (tableau 1); les points-stations sont identifiés par des symboles correspondant aux peuplements malacologiques de la lagune d'Obidos (0 I, 0 II, 0 III a et b); les losanges indiquent les centres des éllipses d'inertie des principaux nuages-stations déterminés par la classification ascendante hiérarchique.

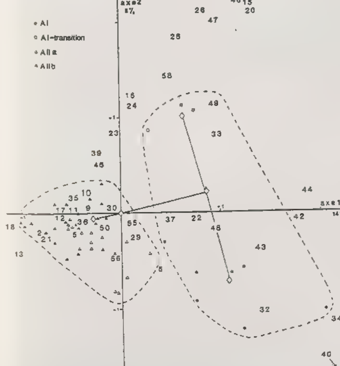


Figure 4 : Lagune d'Obidos. Peuplements malacologiques définis par l'analyse factorielle des correspondances : OI = "embouchure", O II = "chenal", O III = "lagune" avec O III b = "faciès appauvri".

- l'ensemble 0 II, constitué de 16 stations effectuées sur des sables grossiers et moyens, en situation de chenal, est caractérisé par une forte richesse spécifique (plus de 13 espèces en moyenne par station); quatre espèces exclusives y ont une fréquence supérieure à 50 % : *Dosinia exoleta, Gibbula umbilicalis, Ervilia castanea, Nassarius reticulatus;*

- l'ensemble 0 III regroupe 39 stations (bancs sableux intertidaux et fonds vaseux en amont de 0 II)et ne contient aucune espèce exclusive; cependant, *Abra ovata* y est présente avec une fréquence de 82 %; il est possible de distinguer deux zones d'inégale importance :

. la zone 0 III a (31 stations) est caractérisée par *Abra ovata, Loripes lacteus, Haminea navicula* (fréquence supérieure à 40 %) et présente plus de 5 espèces en moyenne par prélèvement;

. la zone 0 III b (8 stations localisées au centre de la lagune et dans les bras ouest et est) correpond à un faciès d'appauvrissement (moins de 4 espèces en moyenne par prélèvement) avec *Corbula gibba* (fréquence de 100 % pour 3% en 0 IIIa) et *Hydrobia ventrosa* (fréquence de 63% pour 23 % en 0 IIIa).

Quelques espèces telles que *Cerastoderma* sp. et *Hydrobia ulvae* sont largement répandues dans les ensembles 0 II et 0 III mais manquent dans 0 I.

b) Lagune d'Albufeira :

Trois des 50 stations ne présentent aucune espèce de Mollusques; ces stations (11, 12, 31) se situent sur des fonds de vase, au centre de la lagune.

Les 21119 individus récoltés se répartissent en 27 espèces de Bivalves (13025 ind.) et 15 de Gastéropodes (8094 ind.); sept espèces sont représentées par un seul individu, 16 par plus de 100 (dont 5 par plus de 1000).

Seize espèces ont une fréquence au moins égale à 20 % et constituent plus de 97 % des

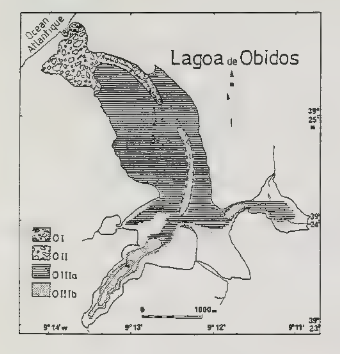


Figure 5 : Analyse factorielle des correspondances : représentation dans le plan des axes 1 et 2 (% de l'inertie totale indiqué) des résultats (lagune d'Albufeira) . Les points-espèces sont indiqués par les chif fres utilisés dans la liste faunistique (tableau 1);les points-stations sont identifiés par des symboles correspondant aux peuplements malacologiques de la lgune d'Albufeira (A I et II),les losanges indiquent les centres des ellipses d'inertie des principaux nuages-stations déterminés par la classification ascendante hiérarchique.

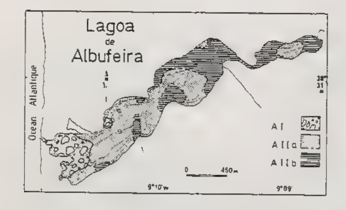


Figure 6 : Lagune d'Albufeira. Peuplements malacologiques définis par l'analyse factorielle des correspondances : A I = "embouchure", A II = "lagune" avec A IIa = "faciès appauvri".

individus récoltés; ce sont : *Abra ovata, Bittium reticulatum, Cerastoderma* sp., *Corbula gibba, Ervilia castanea, Gastrana fragilis, Hydrobia ulvae, Nassarius reticulatus, Parvicardium exiguum, Rissoa membranacea, R.* sp. A.*R.* sp. B, *Tellina Tenuis, Venerupis aurea, V. decussata, V. pullastra.*

Les résultats de l'analyse des correspondances (Fig. 5 axe I : 13,94 % de l'inertie totale; axe 2 : 9,04 %, complétée par une classification ascendante hiérarchique permettant de définir deux grands groupes d'affinité coenotique (répartition géographique indiquée sur la figure 6).

- l'ensemble A I regroupe 10 stations situées dans la région de l'embouchure de la lagune, sur des fonds de sables dunaires,avec une diversité spécifique notable (en moyenne plus de 12 espèces par prélèvement); *Spisula ovalis, Callista chione, Donax trunculus, Ervilia castanea* (avec une fréquence de 90 %) s'y classent comme exclusives; les stations 7,14,58 en limite géographique avec A II, sont les plus riches en espèces avec la présence exclusive de *Divaricella divaricata, Thracia phaseolina, Tellina donacica, T. fabula;*
- l'ensemble A II constitué de 37 stations, en amont de A I, sur des fonds vaseux ne présente aucune espèce exclusive; il peut être défini par quatre espèces ayant une fréquence supérieure à 50%: *Abra ovata, Bittium reticulatum, Rissoa membranacea, R. sp. B*; on peut y distinguer deux sous-groupes d'affinité;

. A IIa comportant des stations peu caractéristiques avec peu d'espèces (en moyenne, moins de 7 espèces par prélèvement) et souvent largement répandues comme *Hydrobia ulvae.*

. A IIb avec en plus des espèces déjà citées : *Parvicardium exiguum, Venerupis aurea, V. decussata, Nassarius reticulatus;* la richesse spécifique y est plus élevée

(en moyenne près de 9 espèces par prélèvement).

Deux espèces, *Corbula gibba, Cerastoderma sp,* ont une distribution ubiquiste dans cette lagune ainsi que, dans une moindre mesure, *Tellina tenuis* et *Venerupis pullastra* plutôt cantonnées sur les marges de la lagune.

DISCUSSION.

En ce qui concerne leur faune malacologique, il apparait que les deux lagunes présentent la même répartition en deux taxocoenoses majeures comparables, selon un axe longitudinal océan-lagune.

La première d'affinité franchement marine est localisée aux régions d'embouchure (OI et A I) où les courants entretenus par les marées maintiennent les sédiments peu ou pas envasés (sables moyens ou grossiers); on doit y rattacher le peuplement installé dans le chenal d'Obidos (O II). La malacofaune est bien diversifiée avec plusieurs espèces exclusives ou caractéristiques comme *Spisula ovalis, S. solida, Dosinia exoleta, Ervilia castanea.*

La seconde taxocoenose est installée dans des sédiments fortement envasés ou parfois sablo-vaseux (cas des bancs sableux intertidaux d'Obidos et des marges d'Albufeira) et se rattache nettement à un milieu lagunaire. Elle est définie par un cortège d'espèce moins nombreuses mais frequentes, avec *Abra ovata, Cerastoderma sp, Corbula gibba, Hydrobia ulvae* , ...Ces espèces représentent près de 50 % de la liste des Mollusques donnée par GUELORGET et PERTHUISOT (1983) pour leur définition du domaine paralique méditerranéen et sont citées par MARS (1966) comme espèces lagunaires du groupe I (affinité méditerranéenne et celto-boréale) ou par MUUS (1967) de fjords danois.

Les obstructions plus ou moins cycliques de la communication de la lagune d'Albufeira avec l'océan induisent des bouleversements dans les conditions hydrologiques et sédimentaires (anoxie, dessalure ...) et peuvent se répercuter sur la distribution et l'abondance de certaines espèces : par exemple, *Corbula gibba* largement répandue à Albufeira et dominante dans les vases appauvries d'Obidos est connue pour sa tolérance aux situations anoxiques (ROSENBERG, 1980).

REMERCIEMENTS.

Les auteurs tiennent à remercier les Drs M.C. PENEDA, L. CABIOCH et J.C. DAUVIN pour leur aide et leurs conseils au cours de cette étude, ainsi que le Dr J.M. GAILLARD (Museum nat. Hist. nat. , Paris) pour avoir confirmé ou rectifié certaines déterminations.

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une étude sur l'écologie et l'aménagement des lagunes d'Albufeira et Obidos, et a bénéficié d'une bourse de coopération franco-portugaise.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

BENZECRI, J.P., 1973. L'analyse des données. T.II. L'analyse des correspondances. DUNOD Edit. Paris, 619 p.

D'ANGELO, G., et GARGIULLO, S., 1978. Guida alle Conchiglie mediterranee. FABBRI Edit., Milano, 224 p.

FRETTER, V. et GRAHAM, A., 1978. The prosobranch Molluscs of Britain and Denmark. Part. 3. *Neritacea, Viviparacea, Valvatacea,* terrestrial and freshwater *Littorinacea* and *Rissoacea* J. *Moll. Studies,* suppl., 5 : 101-152.

GIUSTI, F., et PEZZOLI, E., 1984. Notulae malagologicae, XXIX - Gli hydrobiidae salmastri delle acque costiere italiane : primi anni sulla sistematica del gruppo e sui caractteri distintivi delle singol morfospecie. *Lavori S.I.M.*, 21 : 117-148.

GUELORGET, O., et PERTHUISOT, J.P., 1983. Le domaine paralique. Expressions geologiques, biologiques et économiques du confinement. *Trav. Lab. Géol., E.N.S.*, Paris, 16 :1-136.

GUILLE, A., et PONGE, J.F., 1975. Application de l'analyse des correspondances à l'étude des peuplements benthiques de la côte catalane française. *Ann. Inst. océanogr.*, Paris, 51 (2): 223-235

MARS, P., 1966. Recherches sur quelques étangs du littoral méditerranéen français et leurs faunes malacologiques. *Vie Milieu*, suppl. 20, 359 p.

MUUS, J.L., 1967. The fauna of danish estuaries and lagoons. Distribution and ecology of dominating species in the shallow beaches of the mesohaline zone. *Medd. Danm. Fisk. havunders.,N.S.*, 5, 1 : 1-316.

QUINTINO, V., et RODRIGUES, A.M., 1986. Estudo cartográfico dos sedimentos superficiais da Lagoa de Albufeira. *Recursos Hidricos*, 7 (1) : (sous presse).

RODRIGUES, A.M. et DAUVIN, J.C., 1985. Crustacés Amphipodes des sédiments meubles subtidaux des lagunes d'Albufeira et Obidos (Portugal). Péracarides (Amphipodes, Cumacés et Mysidacés) de la zone côtière de la lagune d'Obidos. *Ciencia Biologica, Ecol. Syst.*, 5 (4) : (sous presse).

ROSENBERG, R., 1980. Effect of oxygen deficiency on benthic macrofauna in fjords. *in*,Fjord Oceanography. FREELAND, H.J., FARMER, D.M., LEVINGS , C.D. Edit., New York : 499-514.

TEBBLE, N., 1966. British bivalve seashells. British Museum (natural History), London, 212 p.

ZAOUALI, J., 1981. Etude malacologique de la frange côtière sud du lac de Tunis nord. *Haliotis*, 11: 241-250.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 91 à 101

DYNAMIQUE DE POPULATION DE LA PALOURDE ROSE *TAPES RHOMBOIDES* (PENNANT, 1777) DANS LE GOLFE NORMANO-BRETON

par

Michel BLANCHARD*, Catherine MORVAN**, Françoise QUINIOU*

*IFREMER Centre de Brest, Département Environnement Littoral
B.P. 337 - 29273 BREST CEDEX

** Université de Bretagne Occidentale, Laboratoire de Zoologie,
29287 BREST CEDEX

ABSTRACT : A population of the bivalve mollusc *Tapes rhomboïdes* (banded carpet-shell) in the Bay of St-Malo has been studied for four years by dredge and grab sampling. Annual growth and dynamic of this population are discussed.

The maturity of the gonads was analysed monthly in 1984-85 and two spawnings were clearly observed. The first spawning occurs briefly in May with a critical temperature of 10.5°C, and the second one extends from July to October according to climatic conditions. The density of the bivalve larvae is closely correlated to temperature variation.

RESUME :

La population du mollusque bivalve *Tapes rhomboïdes* appelé palourde rose, fait l'objet d'une étude suivie depuis plusieurs années dans le golfe normano-breton. Des prélèvements quantitatifs réguliers en 1980-81 et 1984-85 permettent d'en suivre la dynamique au travers des critères d'âge, de croissance et de mortalité.

L'évolution du cycle sexuel sur des échantillons prélevés mensuellement, met en évidence deux périodes de ponte : une première, très courte au printemps (mai) et l'autre plus étalée de juillet à octobre, périodes liées aux conditions climatiques. La densité totale des larves de bivalves est correlée aux variations de température.

KEY WORDS : *Tapes rhomboïdes*, Population dynamic, growth, sexuality, reproduction cycle, Bay of St-Malo.

MOTS CLES : *Tapes rhomboïdes*, dynamique de population, croissance, sexualité, cycle de reproduction, golfe normano-breton.

INTRODUCTION :

Malgré sa très large distribution le long des côtes européennes, de la mer du Nord à la Méditerranée, les études concernant la biologie de la palourde rose *Tapes rhomboïdes* (PENNANT, 1777) sont relativement rares : on ne relève que les travaux de HOLME (1961) et de EAGAR (1984) sur la morphologie, et ceux concernant la structure et la maturité sexuelle des populations des Glénans, par la Faculté des Sciences de Brest : CHASSE et GLEMAREC (1973), GLEMAREC et BOURON (1978).

Sa large distribution bathymétrique, du bas de l'estran jusqu'à la profondeur de 100 mètres, explique sa présence sur l'ensemble des fonds de la Manche.

Dans le golfe normano-breton RETIERE (1979) la mentionne comme étant une des espèces les plus communes dans les sédiments sablo-graveleux, le maërl envasé ou non, et les sables fins dunaires, et la considère comme indifférente vis à vis du substrat lui-même.

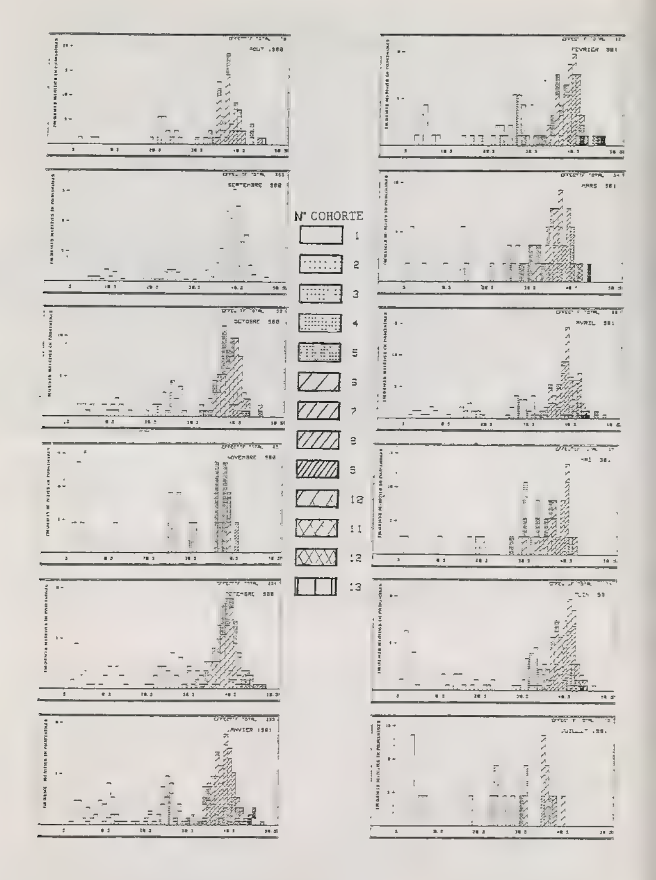


Fig. 1 - Histogrammes de fréquence de taille chez *Tapes rhomboïdes* (sud Chausey 1980 - 1981)

Depuis 1980, de nombreux prélèvements quantitatifs dans cette région, ont permis de mieux connaître la répartition de l'espèce et ses secteurs de forte densité. Le présent travail fait le point sur la biologie et la dynamique de population pour contribuer à la gestion du stock de palourde rose du golfe normano-breton dont l'exploitation est envisagée.

STRUCTURE DE LA POPULATION.

Lors de travaux réalisés dans la baie du Mont-St-Michel (BLANCHARD, 1982) une station a été échantillonnée mensuellement de juillet 1980 à juillet 1981.

La plus grande longueur de chaque individu récolté étant mesurée au pied à coulisse, nous avons pu établir une série d'histogrammes de taille, sur un cycle annuel (fig. 1). Leur analyse modale par la méthode de BATTACHARYA* permet d'individualiser chaque cohorte, et de mettre ainsi en évidence un bimodalisme, ce qui amène à distinguer deux cohortes annuelles appelées cohorte d'été et cohorte d'hiver. Ainsi en décembre 1980 nous observons un mode à 4-5 mm (cohorte d'été) et un autre à 10-12 mm (cohorte d'hiver) pour la première classe, et deux modes à 21-23 mm (cohorte d'été) et à 25-27 mm (cohorte d'hiver) pour la deuxième classe. On distingue ainsi pendant cinq ans maximum, deux cohortes individualisées, correspondant à deux pontes annuelles. Cette distinction bimodale est déjà remarquée par CHASSE et GLEMAREC aux Glénans.

La croissance des individus apparus sur le fond en juillet (cohorte d'été) est faible, puisqu'ils conservent une taille de 5 mm jusqu'en février. La première strie hivernale est invisible chez la plupart des individus. L'été suivant, à l'âge d'un an, la longueur atteint 17-18 mm, et jusqu'à 22-23 mm au deuxième hiver.

D'autres individus apparaissent en mars et semblent croître très rapidement puisqu'ils mesurent 10-12 mm de long l'hiver suivant, et 14 mm en mars, donc à un an. Cette première strie est beaucoup plus nette, et souvent considérée à tort, comme première strie pour l'ensemble de la population. La deuxième strie hivernale se marque, chez cette cohorte d'hiver à une taille de 25-26 mm.

CROISSANCE.

L'âge des individus est établi par comptage du nombre de stries hivernales marquées sur l'extérieur de la coquille. Chez *Tapes rhomboïdes* , des stries supplémentaires sont fréquemment marquées sans que l'on puisse, jusqu'à présent, leur attribuer une cause particulière (stress de ponte ou de température, chocs mécaniques ...). Ces observations corroborent celles de CHASSE et GLEMAREC (1973) sur des populations des Glénans.

La croissance de la palourde rose est rapide durant les trois premières années puis se ralentit progressivement. La coquille ne s' allonge quasiment plus au-delà de cinq ans mais s'épaissit.

---

* Programmation A. MENESGUEN

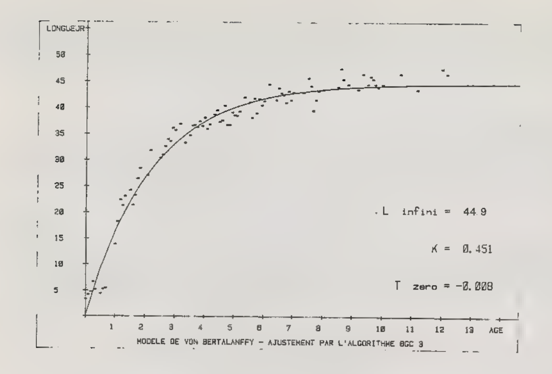


Fig. 2 - Croissance théorique de *Tapes rhomboïdes*

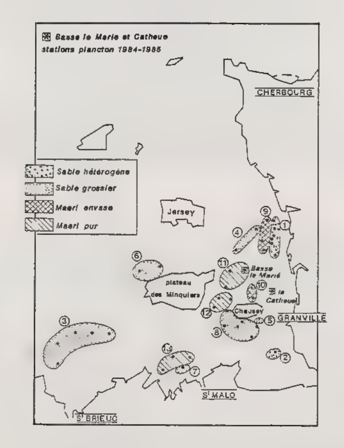


Fig. 3. Stations d'étude de *Tapes rhomboïdes* dans le Golfe normano-breton

La durée de vie maximale observée est de 12 ans.

La relation de croissance théorique selon la méthode de Von BERTALANFFY nous donne des valeurs de L infini à peu près identiques pour chacune des deux cohortes : 44,94 mm pour celle d'été et 44,41 pour celle d'hiver, avec respectivement K = 0,45 et 0,50 (fig.2).

VARIATIONS DE CROISSANCE.

Sur plusieurs secteurs du golfe normano-breton (Fig. 3), nous avons pu suivre différents prélèvements et comparer la croissance de plusieurs populations de *Tapes rhomboïdes*.

Ainsi, une station située au fond de la baie du Mont St-Michel (N°2) donne des valeurs de L infini beaucoup plus faible : 38,6 pour la cohorte d''été et 38,4 pour celle d'hiver.

Type de sédiment	Secteur	Profondeur	Nombre d' observations	L∞	$\hat{x}$
Sable hétérogène	1	5 m	114	37,486	37,85
	2	10 m	326	38,216	
Sable grossier	3	25 m	61	39,97	41,80
	4	15 m	85	41,147	
	5	15 m	1068	42,05	
	6	15 m	33	42,547	
	7	17 m	54	42,916	
	8	15 m	74	43,187	
Maerl envasé	9	10 m	124	41,48	42,27
	10	10 m	103	43,27	
Maerl pur	11	10 m	120	42,45	43,57
	12	10 m	47	43,929	
	13	15 m	42	44,33	

Tableau 1 : valeurs de L infini pour plusieurs secteurs du Golfe normano-breton, chez *Tapes rhomboïdes*

Sur plus de 2300 individus, que nous avons âgés et provenant de milieux sédimentaires différents, les valeurs de L∞ s'échelonnent de 37,4 mm à 46,0 mm de long. Les plus faibles correspondent aux stations de sable hétérogène ou envasé (moyenne 37,85 mm), celles de stations de sables grossiers sont supérieures (41,80 mm). les stations de maërl envasé et pur présentent les valeurs les plus élevées : 42,27 et 43,57mm respectivement.

On peut en conclure que la croissance de *Tapes rhomboïdes* est liée aux conditions édaphiques et qu'elle est meilleure dans les sédiments grossiers et bien oxygénés. Cette observation complète celle de HOLME (1961) qui attribue essentiellement les variations de croissance à des hauteurs d'eau différentes et donc à la pression.

Dans l'archipel des Glénans, CHASSE et GLEMAREC (1973) calculent une longueur infinie de 62 mm (K = 0,72) sur les sables grossiers du banc de la Pie, chez des individus de plus de 10 ans. Cette valeur, une fois et demie supérieure à celle des palourdes provenant du golfe, montre que la croissance de *Tapes rhomboïdes* varie également suivant la latitude, à l'intérieur de son aire de distribution géographique.

MORTALITE.

La mortalité (Z) est la somme de la mortalité par pêche (F) et de la mortalité naturelle (M). La mortalité par pêche F est actuellement négligeable F = 0 et Z = M.

$$N_t - N_o e^{-Z\,(t-to)} \quad \text{ou } Z_{(t-to)} = Log_e N_o - Log_e N_t$$

avec N_t = densité de la cohorte à l'instant t

N_o = densité de la cohorte au recrutement t_o

La variation de densité observée lors des prélèvements mensuels de 1980 à 1981, ne nous permettent pas d'utiliser les méthodes classiques de mortalité, nous avons utilisé la droite de regression de l'âge en fonction du Log_e de N (Fig. 4).

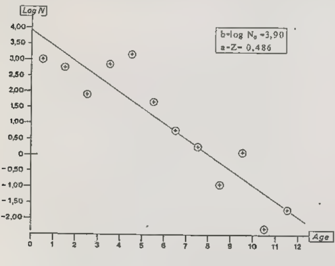


Fig. 4 - Estimation graphique de la mortalité de *Tapes rhomboïdes*

La droite de regression est du type $y = ax + b$ avec :

y = Log N (N Moyenne du nombre d'individus par cohorte).

x = âge en année - nous choisissons le milieu d'année.

a = pente de la droite = mortalité Z

b = Log N_o

Nous obtenons ainsi Z = - 0,486 et N_o = valeur de densité au recrutement = 49,40 individus/m²

PRODUCTION.

Connaissant la densité et la biomasse mensuelle obtenue pour chaque cohorte, nous avons calculé la production de *Tapes rhomboïdes*, selon la méthode de BOYSEN-JENSEN estimant la production cédée à l'écosystème.

$$P_i = \int_{t_i}^{t_{i+1}} \frac{W_t \times dN_t}{dt} \times dt \qquad \text{si } dt=1 \qquad P_i = W \times dN_t = \left(\frac{W_1 + W_2}{2}\right)(N_1 - N_2)$$

Etant donné les variations importantes de densité dans les prélèvements mensuels, nous avons estimé N_1 et N_2, densité de début et de fin de période t (année prise de juillet à juillet), comme suit :

Soit N_i = densité moyenne de la cohorte au milieu de l'année i (telle que i - 1/2 → i + 1/2) = 1 an.

N_1 densité de début d'année : $Log_e N_{i-1/2} = Log_e N_i + Z \times 0,5$

N_2 densité de fin d'année : $Log_e N_{i+1/2} = Log_e N_i - Z \times 0,5$

W_i : biomasse moyenne de la cohorte en milieu d'année, en grammes de poids sec par m² et w_i = poids individuel tel que $w_i = \frac{W_i}{N_i}$. La production par cohorte est alors $W_i \times (N_1 - N_2) = p$.

La production annuelle de l'ensemble des cohortes est de 15 grammes par mètre carré et par an.

Nous obtenons ainsi un taux de renouvellement égal à 0,485

Cohorte	N_i/m^2	$N_1 - N_2$	Biomasse g/m² moyenne mensuelle	Poids moyen individuel	Production g.m⁻².an
1	20.6	10	0.33	0.0162	0 .620
2	16.0	7.8	2.45	0.1525	1.1380
3	6.9	3.3	1.94	0.2812	0 9448
4	18.0	8.7	7.49	0.4156	3.6232
5	25.2	12.2	12.02	0.4770	5.8259
6	5.6	2.7	3.04	0.5439	1.4760
7	2.2	1.1	1.42	0.6335	0.6905
8	1.3	0.6	0.85	0 6389	0.4089
9	0.6	0.2	0.31	0.7835	0 1567
10	1.1	0.5	0.86	0.7723	0.4170
11	0.1	0.05	0 08	0 8670	0.0435
.2	0.2	0.1	0.16	0 8889	0.0800
			B = 30.977		15 0225

SEXUALITE.

Afin de prolonger les travaux déjà réalisés sur la sexualité de cette espèce dans le golfe normano-breton (BLANCHARD, 1982) nous avons en 1984 et 1985 suivi une station située au Nord de Chausey, à la bouée "Basse le Marié" (fig. 3).

Des prélèvements mensuels réalisés avec une drague à praire classique, ont permis d'analyser 2600 individus adultes.

Parallèlement l'abondance larvaire a été suivie, par échantillonnage au filet WP2 vertical, de 80µm de vide de maille.

La température de l'eau près du fond a été enregistrée en continu d'avril à juin 1984 et de mars à octobre 1985, par immersion d'une sonde Aandéra. Entre ces deux périodes, la température a été relevée au thermomètre à renversement.

Chez la palourde rose, les sexes sont séparés. La glande génitale, située au-dessus du muscle du pied, à côté de la glande digestive est beige chez le mâle, blanchâtre chez la femelle, au moment de la maturité maximale. Les produits émis sont blancs visqueux pour les premiers, granuleux pour les derniers.

CYCLE DE REPRODUCTION.

La représentation graphique (fig. 5) des stades de maturité sexuelle selon l'échelle pratique de LUCAS (1965) est établie sur les lots de femelles uniquement.

La période de maturité maximale est située en juillet, août pour les deux années consécutives, un second maximum étant visible en septembre 1985. Courant automne 1984, le nombre d'individus au repos augmente régulièrement pour atteindre les 100 % en janvier et ce jusqu'en avril 1985.

Les températures relevées près du fond ont atteint en février 1985 un minimum exceptionnellement bas (5,5°C) comblé dès le mois de mai par rapport à l'année précédente.

Ces présomptions de cycle ont été largement précisées par l'étude histologique réalisée sur un sous-échantillon. La gonade est une glande acineuse. Les acini répartis entre les faisceaux de fibres musculaires, sont totalement vides en décembre 1984 et janvier 1985, d'apparence flasque et sans tissu alvéolaire de soutien. Dès le mois de février, à côté des vieux acini de l'année précédente, s'en développent de nouveaux, chargés de cellules germinales encore indifférenciées. L'ovogénèse a donc commencé; ce stade se poursuit en mars, avril

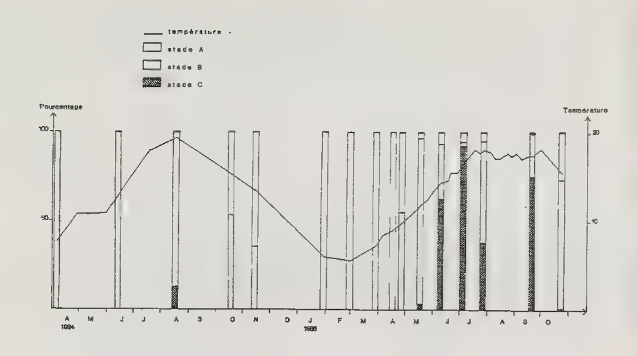


Fig. 5 : Cycle de reproduction de *Tapes rhomboïdes* établi sur les femelles uniquement et courbe des températures relevées près du fond.

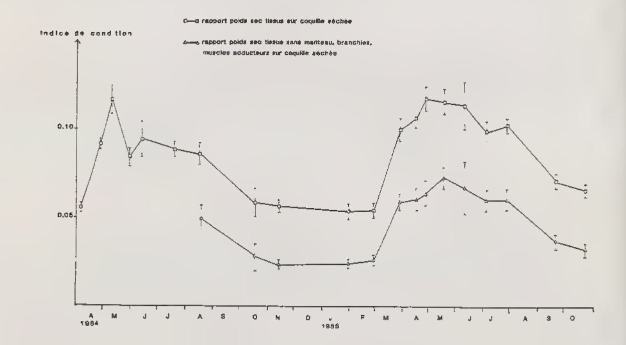


Fig. 6 : Indice de condition physiologique de *Tapes rhomboïdes*

et dès la fin du mois d'avril, la prévitellogénèse débute. La température dans le même temps augmente de 3°C pour atteindre 10°C. Courant mai, le cytoplasme des ovocytes se charge de vitellus et fin mars les ovocytes sont pédonculés, certains libres et matures et d'autres déjà en cours de lyse ovocytaire.

Des emplacements libres dans les acini des individus récoltés en 1984, font penser à une ponte partielle qui se serait déroulée vers la mi-mai à 10,5°C. Cette ponte printanière se retrouve décalée d'un mois en 1985. Les ovocytes pédonculés présents dans les acini peuvent avoir deux origines : soit une gamétogénèse étalée dans le temps selon les individus et les acini pour un même individu, soit une rematuration rapide de nouvelles cellules sexuelles après la ponte.

La restauration se poursuit durant le mois de juin 1984 et la ponte est étalée de juillet à octobre. En octobre 1984, tous les ovocytes présents sont atrésiques, les acini se vident, le vitellus s'entasse dans la lumière des acini. Le phénomène est encore plus accentué en novembre. Il n'y a pas d'ovogonies dans les acini pour préparer la génération de l'année suivante.

Le diamètre des ovocytes matures mesuré au microscope oculaire ou à l'aide d'un analyseur d'images varie entre 45 et 50µm.

D'autre part cette étude a montré que 0,46 % de l'ensemble des individus était parasité par des sporocystes de trématodes, ne modifiant en rien l'aspect macroscopique de la gonade, mais entrainant une castration parasitaire.

INDICE DE CONDITION.

L'indice physiologique choisi, selon les indications de LUCAS et BENINGER (1985) a été établi à l'aide des poids de matière sèche : coquille et masse viscérale, soit totale, soit en enlevant le manteau, les branchies et les muscles adducteurs.

Deux pics d'engraissement maximal apparaissent sur la figure 6 pour les deux années consécutives, ceux de 1985 étant en retard d'un mois par rapport à 1984. Les périodes de ponte sont visualisées par une chute de l'indice de condition. La première est printanière (mai ou juin selon les années); elle est compensée par l'engraissement somatique normal à cette époque de l'année et par une rematuration rapide notée au niveau histologique, car l'indice de condition reste à une valeur élevée. La seconde est estivale, beaucoup plus étalée dans le temps (juillet à septembre pour 1984, août à octobre pour 1985). Le rapport est alors proche du minimum hivernal, quand les conditions climatiques et trophiques sont défavorables pour l'espèce. Dès la fin février 1985, la masse viscérale reprend de l'importance. Or,au vu des températures (5,5°C) le bloom phytoplanctonique n'a pû avoir lieu et l'engraissement noté est le seul résultat d' une activité sexuelle débutant rapidement : apparition des acini chargés de cellules germinales observés lors de l'étude histologique (MORVAN, 1985).

Notons qu'en mars 1985 la valeur de l'indice de condition atteint par les femelles est déjà supérieure à celle d'avril 1984, et ce malgré un hiver rigoureux. Cette différence se poursuit tout au long de la période d'activité sexuelle.

Les périodes de ponte de *Tapes rhomboïdes* semblent étroitement correlées aux périodes d'abondance totale des larves de bivalves à la même station(fig. 7). Le décalage d'un mois mis en évidence précédemment est également visible sur la courbe.

Un repos sexuel total dans le golfe normano-breton a lieu durant les mois d'hiver. La maturation, en mars, débute pour une élévation de température de 2 à 3°C. *Tapes rhomboïdes* a deux périodes de ponte. La première, peu prononcée, est printanière et coïncide avec un seuil de température de 10,5°C, la seconde, estivale, est plus accentuée et plus étalée dans le temps, et débute pour une température supérieure à 15°C non limitante. Il semble qu'en mars 1985 les températures hivernales extrêmes aient provoqué un retard d'un mois dans la période de ponte et donc dans l'apparition des larves dans le milieu. Or, les ovogonies sont apparues très tôt dans les acini, dès le mois de février. Cette maturation plus longue en 1985 peut expliquer les fortes valeurs atteintes par l'indice de condition.

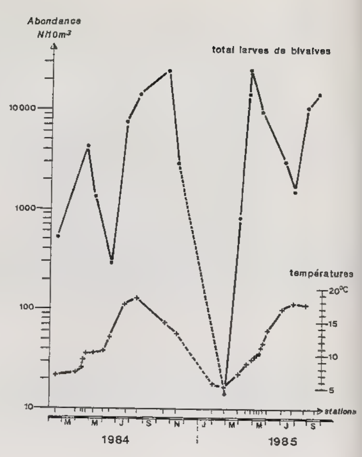


Fig. 7 : Evolution de la densité larvaire de bivalves totaux.

Pour GLEMAREC et BOURON (1978), le seuil de maturation maximale dans l'archipel des Glénans est situé aux environs de 14°C et la ponte est étalée sur l'année avec un maximum en été. Parfois, une deuxième maturation, due à des anomalies de températures automnales, apparait en hiver. Les premières observations dans le fond de la baie du Mont St-Michel (BLANCHARD, 1982) font également apparaître une proportion faible (10 % environ) mais constante d'individus sexuellement matures de décembre à mars; ceci peut toutefois s'expliquer par les valeurs thermiques enregistrées (8°C au minimum) dans le fond de la baie en hiver 1980-81.

L'influence de la température serait double :

- indirecte d'une part, en intensifiant la production primaire, ce qui augmente l'apport nutritionnel; les basses températures ralentissent également les vitesses de filtration, donc la prise de nourriture; le jeûne arrêterait le cycle sexuel et induirait la lyse des gamètes (LUBET, 1976).

- directe d'autre part, en agissant sur le métabolisme général des individus par l'intermédiaire d'une horloge interne neuroendocrinienne (LUBET, 1976), déterminant la reprise

et l'amplitude des phénomènes gamétiques.

CONCLUSION.

La comparaison avec la population de palourde rose des Glénans permet de penser que celle du golfe normano-breton se trouve dans un milieu plus défavorable : croissance plus faible, température de première maturité de 10°C au lieu de 14°C, période de ponte estivale plus courte ... Malgré ces conditions, l'espèce s'est très bien adaptée puisqu'avec des densités dépassant souvent la centaine d'individus au mètre carré, et une large répartition, la palourde rose est le bivalve le plus commun du golfe.

Sa durée de vie d'une dizaine d'années et son taux de renouvellement organique (P/B) relativement élevé parmi les Mollusques en font un sujet d'étude intéressant en dynamique.

Nous avons pû mettre en évidence l'importance des conditions édaphiques sur la croissance, en comparant différentes populations du secteur, et la corrélation étroite entre les données de températures et la sexualité.

L'analyse des histogrammes de taille des adultes, le suivi histologique des gonades et l'évolution des larves dans le plancton, concordent pour mettre en évidence deux cohortes annuelles.

Les rigueurs de l'hiver 1984-1985 font apparaître un retard d'un mois dans la maturation des gamètes et la présence des larves dans le plancton en 1985.

BIBLIOGRAPHIE.

BLANCHARD, M., 1982 - Biologie de la population de *Tapes rhomboïdes*. *In* : Etude écologique d'avant projet du site marémoteur du golfe normano-breton. Peuplement de sables grossiers. *Rapport Contrat CNEXO EDF, 1980* : 37 p.

BLANCHARD, M. et CHARDY, P., 1983 - Les bivalves. *In* : Etude écologique du site Cotentin Centre. Chap. III. *Rapport Contrat CNEXO EDF, 1982* : 50 p.

CHASSE, C. et GLEMAREC, M., 1973 - Les bancs de *Venerupis rhomboïdes* des Glénans. Fac. Sci. Brest. *Rapport Contrat CNEXO 72/527* : 12 p.

GLEMAREC, M., et BOURON, D., 1978 - Evolution de la maturité sexuelle chez six espèces de bivalves des Glénans : *Haliotis* vol. 9(1) : 45-48.

EAGAR, R.M., STONE, W.M., DICKSON, P.A., 1984 - Corrélation between shape, weight and thickness of shell in four populations of *Venerupis rhomboïdes* (Pennant). *J. mollusc. Stud.* 50 : 19-38.

HOLME, N.A., 1961 - Shell form in *Venerupis rhomboïdes*. *J. mar. biol. Ass. UK* 41 : 705-722

LUBET, P. , 1976 - Ecophysiologie de la reproduction chez les mollusques lamellibranches. *Haliotis* 7 : 49-55.

LUCAS, A., 1965 - Recherches sur la sexualité de mollusques bivalves. *Bull. Biol. Fr. Belg.* 99 : 115-247.

LUCAS, A. et BENINGER, P.G., 1985 - The use of physiological condition indices in marine bivalvae aquaculture. *Aquaculture* 44 : 187-200.

MORVAN, C., 1985 - Cycle de reproduction de 4 espèces de bivalves dans le golfe normano-breton Rapport Contrat *IFREMER-UBO 84/7479* : 19 p.

RETIERE, C., 1979. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques du golfe normano-breton. Thèse doctorat d'état. Univ. Rennes. 431 p.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 103 à 111

ELEMENTS DE SYNTHESE SUR LA BIOLOGIE ET LA DYNAMIQUE DU BIVALVE *ABRA ALBA* DANS LA MANCHE

par

Jean-Claude DAUVIN*, Franck GENTIL*, Jean-Pierre IRLINGER** et Bernard ELKAIM**

* *Univ. P. & M. Curie et L.P. 4601-CRNS, Station Biologique, 29211 ROSCOFF*
** *Univ. P. & M. Curie, Laboratoire d'Hydrobiologie, 12, rue Cuvier, 75230 PARIS Cedex 05*

ABSTRACT.

Synthetic aspects on biology and dynamics of the bivalve *Abra alba* in the English Channel.

The English Channel hydrographic conditions are characterized by a climatic gradient extending from western oceanic waters to eastern continental ones.

In the English Channel *Abra alba* is absent from the pebbly and gravelly sediments of the central zone where occur strong tidal currents. In muddy fine sands, in which this species is constant eastern populations show higher densities than western.

Studies on *Abra alba* populations in the Bay of Morlaix and the Bay of Seine, as well as data available from English Channel and surrounding areas allow us to discuss the biology and dynamics of this species along a climatic gradient.

Two life-history tactics appear with the climatic and trophic conditions considered:

- In the Bay of Morlaix, in spite of continuous sexual reproduction, the most important recruitment occurs in spring. Growth is restricted to spring and summer.

- In the Bay of Seine, reproduction is limited by a winter sexual pause, however recruitments seem almost continuous along the year. Growth is also restricted to spring and summer.

KEY WORDS : *Abra alba*, English Channel, dynamics, climatic gradient.

RESUME.

La Manche, mer épicontinentale reliant l'Atlantique à la Mer du Nord est caractérisée par un gradient climatique depuis des conditions océaniques à l'ouest jusqu'à des conditions de type continental à l'est.

En Manche, *Abra alba* est pratiquement absente de la zone centrale constituée par des fonds de cailloutis et de graviers parcourus par de forts courants de marée; par contre, sa présence dans les peuplements de sables fins envasés est constante le long des côtes anglaises et françaises. Dans la Manche orientale, les populations présentent des densités nettement plus importantes que dans la partie occidentale.

L'étude des populations d'*Abra alba* de la baie de Morlaix et de la baie de Seine complétée par les données déjà connues de la Manche et de ses abords permet d'effectuer un bilan sur la biologie et la dynamique de cette espèce le long d'un gradient climatique.

Deux stratégies démographiques apparaissent pour les conditions climatiques et trophiques envisagées. En baie de Morlaix, malgré une reproduction continue, les recrutements sont surtout importants pendant la période printanière et la croissance est limitée au printemps et à l'été. En baie de Seine, une reproduction limitée à six mois par an avec un net repos sexuel hivernal aboutit à un taux quasiment continu de jeunes recrues; la croissance est restreinte à la période printanière et estivale.

INTRODUCTION.

Après la phase d'exploration systématique des peuplements macrobenthiques à l'échelle de la Manche (Cabioch, 1968; Cabioch et Glaçon, 1975, 1977; Gentil, 1976, Retière, 1979), les investigations quantitatives ont été entreprises en plusieurs régions de cette mer épicontinen-

tale reliant l'Atlantique à la mer du Nord. Ces études ont essentiellement porte sur les peuplements de sédiments fins à *Abra alba* localisés le long des côtes (Retière, 1979; Dauvin, 1979, 1984; Guillaumont et Hamon, 1983, Irlinger, 1985; Gentil et al., 1986). Elles ont notamment permis de connaître l'évolution quantitative temporelle des peuplements et des principales espèces les constituant. Ainsi les études des populations d'*Abra alba* de la baie de Morlaix (JC.D.) et de la baie de Seine (F.G., JP.I. et B.E.) complétées par des données déjà connues de la Manche et de ses abords (Dewarumez, 1979; Guillaumont et Hamon, 1983; Hily et Le Bris, 1984) permettent d'effectuer un bilan des connaissances sur la biologie de cette espèce en Manche, le long d'un gradient climatique depuis des conditions océaniques à l'ouest jusqu'à des conditions de type continental à l'est.

Les données de base concernant chaque population des baies de Seine et de Morlaix feront l'objet de publications ultérieures; les résultats synthétiques exposés ici rendent compte d'un schéma général de l'évolution moyenne des populations de chaque baie (baie de Morlaix: station Pierre Noire et baie de Seine : stations A, Estuaire et Antifer) en relation avec le gradient climatique.

REPARTITION - ECOLOGIE.

En Manche, l'hydrodynamisme dû aux courants de marée, provoque une large inégalité dans la répartition des sédiments : les sédiments plus ou moins envasés se trouvent généralement sur les fonds soumis à de faibles courants, dans les estuaires et les baies. Le petit bivalve *Abra alba*, largement répandu sur les côtes européennes dans les fonds sédimentaires peu profonds à dominance sablo-vaseuse, montre ainsi en Manche, une distribution discontinue en isolats le long des côtes françaises et britanniques. Elle est pratiquement absente de la zone centrale de la Manche. Rarement récoltée à plus de 50 m, hormis dans les baies de Plymouth et de Lyme, elle est le plus souvent trouvée dans des fonds de moins de 30 m. En Manche orientale, les populations présentent des densités nettement plus fortes que celles de la Manche occidentale; par exemple, les maximums de densité dépassent 2500 $ind.m^{-2}$ en baie de Seine (tableau 1) et dans la région de Penly (Guillaumont et Hamon, 1983) et atteignent seulement 580 $ind.m^{-2}$ en baie de Morlaix (tableau 1). Les plus importantes populations sont localisées sur des fonds peu profonds de 5 à 25 m; les sédiments peuvent être des sables fins, des vases sableuses ou des vases.

Malgré des caractéristiques granulométriques différentes (tableau 1), les peuplements de sédiments fins considérés (Baie de Morlaix : B.M. et Baie de Seine: B.S.) appartiennent à l'"*Abra alba* community" de "Thorson" (Gentil, 1976; Dauvin, 1979, 1984; Gentil *et al.*,1986) sous plusieurs aspects : Pierre Noire (B.M.) : sable fin peu envasé à *Abra alba-Hyalinoecia bilineata*; Rivière de Morlaix (B.M.) : vase sableuse à *Abra alba-Melinna palmata;* A (B.S.) : sable fin envasé à *Abra alba-Pectinaria koreni*; Estuaire et Antifer (B.S.) : vase sableuse à *Abra alba* en faciès d'appauvrissement. *Abra alba* occupe sur ces divers peuplements une place de tout premier ordre soit du point de vue numérique, soit du point de vue pondéral (tableau 1). Activement recherchée par les Poissons plats (Arntz, 1971; Dauvin, 1984; Rainer, 1985) elle fournit une part importante de la nourriture de ces espèces nectobenthiques du fait de ses fortes productions (fortes biomasses et $P/\overline{B}$ moyen élevé, dépassant légèrement 2, selon Dauvin, 1984).

Stations et durée de l'échantillonnage	Caractéristiques granulométriques		Populations d'*Abra alba*			
			Densité		Biomasse	
	% Fraction <200 µm	% fraction <50 µm	moy.	Rang moyen	moy.	Rang moyen
Baie de Morlaix (B.M.) Pierre Noire (P.N.), 17 m 4.77 à 3.82	55	1	145	10	0,75	2
Rivière de Morlaix (R.M.), 12 m 8.77 à 8.82	75	12	35	12	0,31	7
Baie de Seine (B.S.) A. 10 m, 5.81 à 9.83	51	12	1 054	4	8,2	6
Estuaire, 11 m 2.82 à 2.84	97	85	398	1	3,2	1
Antifer, 26 m 2.82 à 2.84	90	59	437	2	3,4	3

Tableau 1 : Principales caractéristiques des stations d'échantillonnage en baie de Morlaix (BM) et en baie de Seine (BS) et paramètres démographiques des populations d'*Abra alba*. (Densité moyenne annuelle : N. ind.m^{-2}; biomasse moyenne annuelle en grammes de poids sec décalcifié).

BIOLOGIE DE LA REPRODUCTION.

Pour une vingtaine d'individus régulièrement répartis de 7 à plus de 15 mm, l'observation macroscopique de l'état de la gonade a été complétée par une étude microscopique de frottis. Le développement gonadique a été classé en six stades selon une échelle dérivée de celles de Dewarumez (1979) et de Brown (1982). Le stade "1c" correspond à des individus prêts à pondre avec une gonade atteignant son volume maximal.

La taille de 7 mm est suffisante pour acquérir la maturité sexuelle en baie de Morlaix comme en baie de Seine. Le sex-ratio (femelles/mâles) est voisin de 1, compris entre 0,81 pour la station "estuaire" à 1,11 pour la station "Pierre Noire". Les castrations parasitaires sont relativement rares en baie de Seine : 2 % des femelles, valeur proche de celle rencontrée par Guillaumont et Hamon (1983) pour la population de Penly (3-4 %); par contre, elles atteignent 9 % des femelles en baie de Morlaix.

L'évolution de la fréquence moyenne des femelles au stade 1c (figure 1b : pourcentages mensuels moyens établis à partir d'observations de trois ans en baie de Morlaix et de deux ans en baie de Seine) permet de mettre en évidence les périodes de maturation (augmentation du pourcentage) et les périodes de ponte (forte réduction du pourcentage). En baie de Morlaix, *Abra alba* n'a pratiquement pas de repos sexuel, en baie de Seine elle montre un repos très marqué en hiver. En Manche, *Abra alba* présente trois périodes de ponte : une première ponte

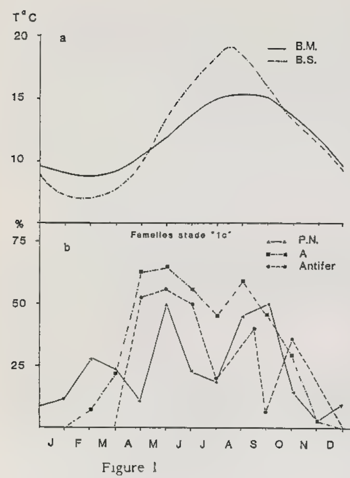


Figure 1

a) Evolution des températures de l'eau au niveau du fond en baie de Morlaix(B.M.) et en baie de Seine (B.S.)

b) Evolution de la fréquence moyenne mensuelle de femelles au stade 1c par rapport à la population femelle totale pour les stations PN : Pierre Noire; A et Antifer en baie de Seine.

régulière dès la fin de l'hiver (mars-avril) en baie de Morlaix, première ponte qui n'apparaît que certaines années en baie de Seine (comme en 1983), une seconde ponte à la fin du printemps (juin-juillet) et enfin une troisième ponte en automne (septembre-octobre) affectant la quasi-totalité des femelles.

En baie de Morlaix, les conditions hivernales (température de l'eau légèrement inférieure à 9°C : figure 1a) semblent favorables à la reproduction; au contraire les conditions hivernales rencontrées en baie de Seine (températures de l'eau entre 6 et 7°C) peuvent bloquer la reproduction. En règle générale, dans le bassin oriental de la Manche, la première période de maturation intervient seulement au moment du réchauffement printanier des eaux (mars-avril). Ensuite, on observe un bon synchronisme de la reproduction entre les deux bassins: la ponte printanière débute lorsque les eaux atteignent 13-15° C ; la maturation reprend au moment des maximums thermiques; la ponte automnale a lieu au moment du refroidissement des eaux.

STRATEGIE DEMOGRAPHIQUE ET STRUCTURE DES POPULATIONS.

Il est maintenant bien connu qu'*Abra alba* présente d'importantes variations quantitatives annuelles et pluriannuelles (Dauvin, 1984). Pour les stations échantillonnées (tableau 1), les populations peuvent dépasser plus de 2.000 ind. m^{-2} après les recrutements et disparaître presque complètement après les mortalités hivernales.

De jeunes individus avec une taille inférieure à 2 mm sont présents toute l'année (figure 2), cependant en baie de Morlaix ils ne représentent une part importante de la population que de mars à juillet. En baie de Seine, à l'exception du mois de mai, la fréquence des jeunes recrues dépasse toujours 10 % de la population. La fréquence maximale des jeunes est observée au printemps (mai) en baie de Morlaix, plus tard à la fin de l'été (septembre) en baie de Seine. Trois périodes de recrutement d'importances inégales se succèdent au cours de l'année : février-mars, avril-mai et août-septembre en baie de Morlaix; mars, mai-juin et août-septembre en baie de Seine. Ces trois recrutements pourraient être issus des trois périodes de ponte:

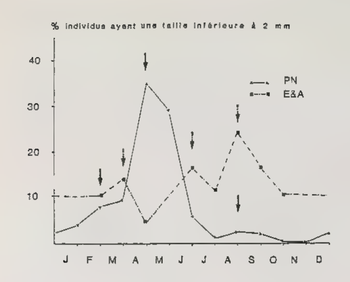
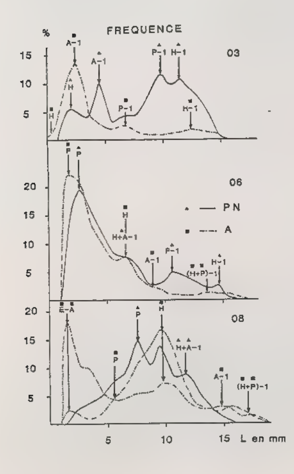


Figure 2 - Evolution de la fréquence des individus ayant une taille inférieure à 2 mm par rapport à la population totale en baie de Morlaix (P.N.) et en baie de Seine (Estuaire et A). Les flèches mettent en évidence les trois périodes de recrutement.



recrutement hivernal provenant de la ponte automnale, recrutement printanier de la ponte hivernale et enfin le recrutement estivo-automnal de la ponte printanière. Cette interprétation suppose un allongement de la phase pélagique et méiobenthique au cours de l'automne et de l'hiver, ce qui est en accord avec les données de Aabel (1983).

Trois situations mensuelles moyennes de la structure des populations *Abra alba* de la baie de Morlaix (Station Pierre Noire) et de la baie de Seine (Station A) ont été représentées (figure 3). En mars et en juin, il n'existe qu'un seul type de structure; en août deux types différents peuvent être observés en baie de Seine à la même station, selon la date et l'importance du recrutement estivo-automnal. Les histogrammes de fréquence de taille sont polymodaux et très étalés avec chevauchement des différentes cohortes. De plus, en baie de Morlaix, la cohorte automnale de l'année précédente ne pourra plus être discernée de la cohorte hivernale dès le printemps.

Au bout d'un an de vie macrobenthique les cohortes hivernales et printanières de l'année précédente formeront un groupe dimensionnel unique.

Ces profils lissés correspondant à des situations caractéristiques devraient

Figure 3. Profils lissés des histogrammes moyens de fréquence de taille pour les stations Pierre Noire en baie de Morlaix (▲) et A en baie de Seine (■) en mars, juin et août. P, E, A, H : cohortes de printemps, été, automne, hiver de l'année (- 1 indiquant leur recrutement l'année précédente). Pour la situation d'août en baie de Seine, deux types de structure existent selon la date et l'importance du recrutement estivo-automnal.

permettre de décomposer graphiquement la structure des populations d'*Abra alba* dans des conditions climatiques comparables à celles de la Manche.

CROISSANCE - LONGEVITE.

Les courbes de croissance moyenne des trois cohortes annuelles (figure 4) montrent un accroissement rapide des tailles d'avril à septembre suivi d'un arrêt de croissance d'octobre à mars. Dans ces conditions, la croissance de la cohorte automnale est extrêmement faible au cours de ses six premiers mois de vie macrobenthique (tableau 2).

		Taille à 6 mois mm	Taille à 12 mois mm	Taille à 18 mois mm
Cohorte hivernale	Baie de Morlaix	12,5	13	-
	Baie de Seine	14,5	14,5	18,3
Cohorte printanière	Baie de Morlaix	9,5	10,3	-
	Baie de Seine	7,0	14,0	18,3
Cohorte automnale	Baie de Morlaix	4,5	-	-
	Baie de Seine	3,1	14,0	18,3

Tableau 2 - Taille moyenne atteinte après 6, 12 et 18 mois de vie macrobenthique pour les différentes cohortes annuelles d'*Abra alba* de la baie de Seine et de la baie de Morlaix.

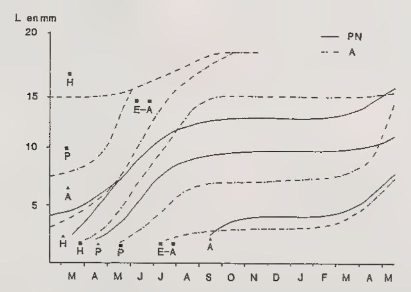


Figure 4. Ajustement graphique des courbes de croissance moyenne en taille (L) des différentes cohortes d'*Abra alba* aux stations Pierre Noire en baie de Morlaix (▲) et A en baie de Seine (■). P, E, A, H : cohortes de printemps, été, automne et hiver.

On observe au cours de la première phase de croissance, une plus forte croissance chez la cohorte hivernale que chez la cohorte printanière (le recrutement de la cohorte printanière intervenant en même temps que celui de nombreuses autres espèces du peuplement, il existe vraisemblablement une forte compétition pour la nourriture disponible). La croissance de la cohorte hivernale de la baie de Seine est plus rapide que celle de la baie de Morlaix alors que la situation est inversée pour la cohorte printanière. Ainsi au bout de 6 mois de vie macrobenthique, les tailles sont très différentes d'une cohorte à l'autre et d'une région à l'autre (tableau 2).

En baie de Morlaix, la majorité des individus ne vit pas au delà de 12 mois pour une taille de 12 à 14 mm; la longévité maximale atteint 18 mois et la taille maximale 18,2 mm. En baie de Seine, la majorité des individus vivent 12 à 16 mois pour des tailles comprises entre 14 et 16 mm; la longévité maximale ne semble pas excèder 24 mois, la taille maximale atteint 21,2 mm.

DISCUSSION.

Le tableau 3 résume les principales données sur la biologie des populations d'*Abra alba* de la Manche et de ses abords. Ces résultats s'inscrivent ainsi parmi ceux obtenus dans des conditions plus septentrionales en mer du Nord (Arntz, 1971) ou en Baltique (Rainer, 1985) et dans des conditions plus méridionales comme dans le Golfe de Gascogne (Bachelet et Cornet, 1981).

Régions et auteurs	Température moyenne		Périodes de ponte			Recrutement sur tamis de 1mm			Période de croissance	Taille en mm		Longévité en mois	
	T°C min	T°C max	H	P	A	H	P	A		moy.	max.	moy.	max.
Baie de Morlaix	8,8	15,3	mars avril	juin juil.	oct. nov.	fev. mars	mai juin	sept. oct.	avril à août	12 à 14	18,2	12	18
Rade de Brest (Hily et Le Bris, 1984)	8	17	–	juin août	nov. déc.	(fev)	mai juin	sept. oct.	avril à sept.	15 à 16	20,0	18 à 20	24
Baie de Seine	7	19,3	(mars)	juin juil.	sept. nov.	mars	mai juin	août sept.	avril à sept.	14 à 16	21,2	12 à 16	24
Penly-Manche orientale (Guillaumont & Hamon, 1983)	4 à 5	17,5	–	juin	oct.	été ou automne hiver			avril à août	12 à 14	20,9	18	?
Gravelines, Mer du Nord (Dewarumez, 1979)	4	17 à 18	juin à octobre			mai-juil. à l'autom.			?	18 à 20	23,2	24	36

Tableau 3 : Principales données sur la biologie des populations d'*Abra alba* de la Manche et des abords; sont placées entre parenthèses des observations témoignant d'un phénomène irrégulier.

Pour la région océanographique considérée (tableau 3), les populations montrent au-delà des variabilités locales des similitudes et des différences. Sur l'ensemble des stations, *Abra alba* montre un étalement de la ponte et du recrutement avec individualisation de plusieurs phases successives et limitation d'une période de croissance du printemps à l'été. Dans le bassin oriental de la Manche, comme en rade de Brest, on observe un raccourcissement de la période de ponte et de la période de recrutement en relation avec la durée pendant laquelle les eaux demeurent

inférieures à 9°C (conditions plus continentales qu'en Manche occidentale). Au dessus de ce seuil (Baie de Morlaix), *Abra alba* ne marque pas de repos sexuel. D'autre part, les maximums de recrutement sont notés au printemps en baie de Morlaix et en rade de Brest, plus tard en été ou en automne dans les populations orientales. En baie de Seine, les fortes vitesses de croissance de la cohorte hivernale pourraient être liées au réchauffement rapide des eaux conjugué aux importants apports trophiques transitant par l'estuaire.

Toutefois, *Abra alba* , espèce d'affinité boréale, souvent qualifiée d'espèce tolérante ou colonisatrice (Hily et Le Bris, 1984) présente dans les situations étudiées en Manche deux stratégies démographiques liées à des conditions climatiques et trophiques différentes.

Ainsi, en baie de Morlaix, une reproduction quasi continue se traduit par une abondance marquée de jeunes recrues pendant les cinq mois de l'année qui correspondent aux meilleures conditions trophiques pour cette zone (Dauvin, 1984). On peut supposer que les amplitudes annuelles de variation thermique étant faibles et régulières, ce sont les seules conditions trophiques qui régulent la dynamique de l'espèce.

En baie de Seine, une reproduction limitée à six mois par an avec un net repos sexuel, aboutit à un taux quasiment constant de jeunes recrues. Ceci peut provenir de deux phénomènes successifs : absence de croissance chez les jeunes recrues pendant une partie de l'année (automne-hiver) et existence le reste de l'année d'un flux constant de jeunes traversant la classe de taille 1 à 2 mm. On peut supposer que la dynamique de l'espèce est liée au couplage entre les conditions climatiques et trophiques. L'établissement d'importantes populations dans cette région provient vraisemblablement des conditions trophiques favorables au développement de ce déposivore de surface. Dans les stations les plus pauvres en espèces et en individus (stations Estuaire et Antifer), *Abra alba*, espèce "opportuniste" y occupe une toute première place.

REMERCIEMENTS

Ces études ont été effectuées dans le cadre des programmes "Amoco Cadiz" et "Baie de Seine" du GRECO Manche du CNRS. Les résultats concernant la distribution d'*Abra alba* en Manche ont été acquis lors des campagnes de la RCP CNRS 378. Les contributions de J.C.D. et F.G. s'inscrivent dans l'ATP "Biologie des Populations" du CNRS. Les auteurs remercient J. Bourdon et N. Guyard pour la dactylographie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

AABEL, J.P., 1983. Morphology and function in post-metamorphal *Abra alba* (Bivalvia-Tellinacea). *Sarsia,* Vol. 68, pp. 213 - 219.

BACHELET, G. et CORNET, M. 1981. Données sur le cycle biologique d'*Abra alba* (Mollusque Lamellibranche) dans la zone sud-gascogne. *Ann. Inst. Oceanogr.*, vol. 57 (2), pp. 111-123.

BROWN, R.A., 1982. Reproduction of *Abra nitida* (Müller) (Bivalvia) in the Southern Skagerrak. *Sarsia* , vol. 67 (1), pp. 55-60.

CABIOCH, L., 1968. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche Occidentale. *Cah. Biol. Mar.*, vol. 9 (5), pp. 493-720.

CABIOCH, L. et GLAÇON, R., 1975. Distribution des peuplements benthiques en Manche orientale, de la baie de Somme au Pas-de-Calais. *C.r. hebd. Séances. Acad. Sci.,* vol. 280, D, pp.491-494.

CABIOCH, L., et GLAÇON, R., 1977. Distribution des peuplements benthiques en Manche orientale de la baie de Somme au Pas de Calais. *C.r. hebd. Séances Acad. Sci.* vol. 285, D., pp. 209-212.

DAUVIN, J.C., 1979. Recherches quantitatives sur le peuplement des sables fins de la Pierre Noire et sur sa perturbation par les hydrocarbures de l'Amoco Cadiz. Thèse Doct. 3ème cycle, Univ. Paris VI, 251 pp.

DAUVIN, J.C., 1984. Dynamique d'écosystèmes macrobenthiques des fonds sédimentaires de la baie de Morlaix et leur perturbation par les hydrocarbures de l'Amoco Cadiz. Thèse Doct. Etat, Sci. Nat. Univ. Paris VI, 468 pp. + annexes 193 pp.

DEWARUMEZ J.M., 1979. Etude biologique d'*Abra alba*, Wood (Mollusque-Lamellibranche) du littoral de la mer du Nord. Thèse 3ème cycle. Univ. Lille, 139 pp.

GENTIL, F., 1976. Distribution des peuplements benthiques en baie de Seine. Thèse 3ème cycle, Univ. Paris VI, 70 pp.

GENTIL, F., IRLINGER, J.P., ELKAIM, B et PRONIEWSKI, F., 1986. Premières données sur la dynamique du peuplement macrobenthique des sables fins envasés à *Abra alba* de la baie de Seine orientale. Colloque CNRS-GRECO Manche "Baie de Seine", 24-26 avril 1985, Caen. Actes de Colloques IFREMER (sous presse).

GUILLAUMONT, B., et HAMON, D., 1983. Zoobenthos subtidal. In. Etude écologique de projet: site de Penly. Publ. CNEXO/Electricité de France, pp. 1 - 47.

HILY, C., et LE BRIS, H., 1984. Dynamics of an *Abra alba* population (Bivalve-scrobiculariidae) in the Bay of Brest. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.*, vol. 19, pp. 463 - 475

IRLINGER, J.P., 1985. Dynamique du peuplement macrobenthique des sables fins envasés de la baie de Seine orientale. Thèse 3ème cycle, Univ. Paris. VI, 286 pp.

RAINER, S.F., 1985. Population dynamics and production of the bivalve *Abra alba* and implications for fisheries production. *Mar. Biol.*,vol. 85, pp. 253-262.

RETIERE, C., 1979. Contribution à l'étude des peuplements benthiques du golfe normano-breton. Thèse Doct. Etat., Sci. Nat., Univ. Rennes, 370 pp.

******

V I^{ème} C O N G R E S

de la

SOCIETE FRANCAISE DE MALACOLOGIE

THEME III

"C R O I S S A N C E"

* * * * *

Haliotis, 15, 1986
p. 115 à 124

IMPORTANCE DE LA LUMIERE SUR LA CROISSANCE PONDERALE DE L'ESCARGOT PETIT-GRIS (*HELIX ASPERSA* Müller) (MOLLUSQUE GASTEROPODE PULMONE)

par

Marie LE GUHENNEC

Laboratoire de Zoologie Générale et d'Ecophysiologie, L.A. INRA,
UNIVERSITE DE RENNES 1, Campus de Beaulieu
Avenue du Général Leclerc, 35042 RENNES CEDEX.

ABSTRACT : Importance of light on the growth weight of the brown garden snail (*Helix aspersa* Müller) (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata).

Studies were first made in the natural biotope of *Helix aspersa* showing the complicated part that light plays on the growth weight of snails.

Later, many experiments were carried out in the laboratory under controlled conditions to determine the role of light. Both new-born and adult snails were used for periods of several weeks (young : 7 weeks, adult : 10 to 12 weeks), and submitted to various light conditions (photoperiod, intensity, wave-length).

The main results show that :

- In the case of white light, a long photophase or an increase in the number of photoperiods encourages the growth in weight of young snails. In adults only a photoperiod of 16 h / 8 h induces a weight increase; a light intensity of about 60 lux stimulates growth of the young but has no influence on that of adults.
- Monochromatic light is more favourable to the growth of adults than the white light but the weight increase is the same whatever the photophase duration or light intensity. However, whatever the photophase duration is, the growth of young individuals, 1 to 21 days'old, is both increased by red light (63000 Å $< \lambda <$ 7500 Å) and by a light intensity of about 60 lux.

RESUME :

En premier lieu, des études réalisées en milieu naturel, permettent de mettre en évidence le rôle complexe que joue la lumière sur la croissance pondérale des escargots.

Par la suite, des expériences effectuées en conditions expérimentales contrôlées, au laboratoire, permettent de préciser ce rôle. Ainsi, des jeunes élevés depuis leur naissance jusqu'à l'âge de 49 jours (phase nursery 1er âge), et des adultes prélevés en milieu naturel et placés en élevage pendant 10 à 12 semaines, sont soumis à diverses conditions d'éclairement (photopériode, intensité, longueur d'onde).

Parmi les principaux résultats obtenus, on note que :

- En lumière blanche, une photopériode à longue photophase, ou une série de photopériodes croissantes favorisent la prise de poids des jeunes. Pour les adultes, seule une photopériode de 16 h / 8 h induit un gain de poids. Une intensité lumineuse moyenne de 60 lux stimule la croissance des jeunes, mais n'a aucune influence sur celle des adultes.
- La lumière à tendance monochromatique est plus favorable pour la croissance des adultes que la lumière blanche, mais l'accroissement pondéral est identique quelles que soient l'intensité lumineuse et la durée de la photophase. Par contre, quelle que soit la durée de la phase d'éclairement, la croissance des jeunes individus âgés de 1 à 21 jours, est favorisée à la fois par une lumière rouge (63000 Å $< \lambda <$ 7500 Å) et par une intensité moyenne de 60 lux.

INTRODUCTION.

Plusieurs travaux ont démontré l'influence notable des facteurs abiotiques, et notamment climatiques sur la croissance des Mollusques Gastéropodes Pulmonés (CHARRIER et DAGUZAN, 1978; CHARRIER, 1980; CHEVALIER, 1982). Les plus nombreuses concernant l'influence de la photopériode. Ainsi, chez la limnée *Lymnaea stagnalis* L., la croissance se trouve nettement stimulée par des photopériodes à courte photophase (BOLKEN et al, 1978; SEUGE et BLUZAT, 1982). Par contre, chez les Stylommatophores *Limacidae* et *Helicidae*, seules les longues photopha-

ses ont un effet positif sur la croissance pondérale : GOMOT et al. (1982) notent une croissance des escargots nouveau-nés *Helix aspersa* Müller plus rapide sous longue photophase; l'arrêt de la croissance survenant très tôt en courte photophase.

L'impact de l'intensité lumineuse semble avoir des effets inverses. Ainsi, pour les limaces, elle ne paraît pas jouer un rôle important sur la croissance (SMITH, 1966) alors que de l'âge de 3 à 5 mois, une intensité supérieure à 150 lux déterminerait les vitesses de croissance les plus élevées chez *Helix aspersa* Müller (DERAY et al., 1984).

Le rôle de la longueur d'onde n'a été étudiée que chez *Lymnaea stagnalis* par SEUGE et BLUZAT (1982). Les travaux suggèrent que les limnées perçoivent toutes les couleurs du spectre lumineux et que la meilleure croissance est observée sous les radiations rouges, alors qu'elle se trouve freinée en lumière bleue.

Il nous a donc semblé intéressant d'étudier dans un premier temps l'influence de la lumière en milieu naturel, puis dans un second temps, l'impact des différents facteurs lumineux, photopériode, intensité et longueur d'onde, au laboratoire sur la croissance pondérale des escargots *Helix aspersa*.

MATERIEL ET METHODES

Matériel biologique.

Le matériel biologique est constitué du Mollusque Gastéropode Pulmoné Stylommatophore *Helix aspersa*. Les adultes étudiés sont tous bordés et recueillis dans la nature; par contre, les jeunes sont nés au laboratoire, au mois d'avril, le même jour ou au cours de la même semaine. Ils sont placés immédiatement dès leur naissance en conditions expérimentales.

Les enceintes d'élevage :

Afin d'éviter un effet "boîte" possible, les escargots de chaque lot sont répartis dans 3 enceintes expérimentales.

a) Pour les adultes : En milieu extérieur, les boîtes sont en bois (contreplaqué marine), munies d'un couvercle grillagé et représentent une superficie au sol de 644 cm^2 et un volume disponible de 12.880 cm^3. En conditions expérimentales contrôlées, nous utilisons des cuvettes plastiques (507 cm^2, 3.552 cm^3). Toutes les enceintes comportent une mangeoire dans laquelle l'aliment composé "SANDERS" est distribué en excès et un abreuvoir contenant de la mousse synthétique saturée d'eau.

b) Pour les jeunes : Les enceintes plastiques (102 cm^2, 478 cm^3) sont recouvertes d'un couvercle grillagé, contenant également un abreuvoir et une mangeoire. De plus, chaque enceinte ets tapissée d'une bande de mousse imbibée d'eau, afin d'éviter de trop grandes pertes hydriques.

Charge biotique et densité :

Pour les adultes, la valeur de la charge biotique en milieu naturel est de 233 individus/m^2 et en milieu expérimental contrôlé de 296 individus/m^2. En ce qui concerne les jeunes, nous veillons à ce que chaque lot expérimental comporte la même charge biotique, soit 1,5 g/boîte en début d'expérience, ce qui correspond à 147 g/m^2 et à environ 55 à 60 jeunes par boîte.

Afin de minimiser les effets de masse survenant fréquemment dans les populations

d'escargots, nous effectuons un rééquilibre de la charge biotique après trois semaines d'expérience La charge biotique est alors ramenée à 12 g par boîte (1176 g/m²) tout en ayant soin de prélever les animaux au hasard. Ce changement de charge biotique effectué après 21 jours se visualise par une interruption au nivau des courbes de croissance pondérale des jeunes escargots.

Dans le cas des Pulmonés terrestres, l'homogénéité pondérale s'avère très importante. Il est donc relativement impossible de constituer des lots de charge biotique et de densités , égales. Du fait donc, des gains pondéraux différents enregistrés au cours des 3 premières semaines de la vie des jeunes escargots et des densités variables obtenues après le changement de charge biotique, les différences entre les poids moyens individuels enregistrés à 28 jours sont plus ou moins importantes.

Conditions d'élevage :

Les escargots placés en conditions expérimentles sont maintenus à une température de 20 ± 2° C et sous une hygrométrie de 80 ± 5 %Hr. La lumière blanche est obtenue grâce à des tubes néon, type "lumière du jour". Les lumières colorées sont réalisées et rééquilibrées en intensité par adjonction de filtres rhodoïd de différentes couleurs, dont les spectres lumineux ont été préalablement déterminés grâce à la méthode spectroscopique (Tabl. I).

Tableau I

Différentes longueurs d'onde utilisées pmour les recherches

Couleur du rhodoïd	Longueur d'onde (Å)
Rouge	6300 - 7500
Jaune	5700 - 7300
Verte	4800 - 5300
Bleue	4200 - 4800

Différentes durées de la phase éclairée sont arbitrairement choisies :

* une photopériode à courte photophase 8 h/16 h
* une photopériode à longue photophase 16 h/8 h.
* un éclairement permanent : 24 h/0 h.

Les diverses valeurs de l'intensité lumineuse présentes dans les enceintes d'élevage sont mesurées au luxmètre EBLX 3 d'HARTMAN et BRAUN.

Mesures effectuées :

Les adultes sont pesés individuellement de façon hebdomadaire pendant une durée de 10 semaines et les jeunes selon la même périodicité, pendant toute la phase nursery 1er âge qui dure 6 semaines (DAGUZAN, 1982). La croissance pondérale des escargots est reportée sur des courbes. Les moyennes pondérales, les gains de poids et le taux de croissance pondérale (r) préconisé par CREESE et UNDERWOOD (1976) sont alors calculés :

$$r - \frac{\log \ (P2 \ / \ P1)}{t}$$

P_2 = poids final (g)
P_1 = poids initial (g)
t = durée de l'expérience (j)

RESULTATS.

En milieu naturel :

Les escargots adultes suivis en parc extérieur présentent une croissance pondérale saisonnière, quelle que soit l'année d'expérimentation. De la sortie d'hibernation au mois de juillet, l'évolution pondérale se distribue selon 3 phases :

* une récupération très importante du poids en février;

* une perte de poids au début du printemps en mars;

* une augmentation pmondérale progressive et relativement importante à partir du mois d'avril (Fig. 1).

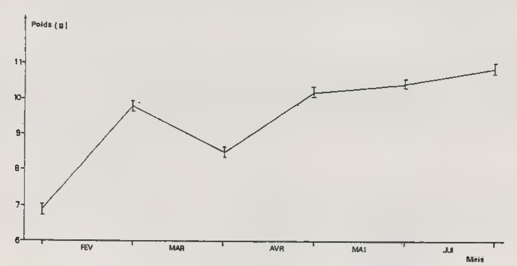


Fig. 1 - Evolution pondérale de *Helix aspersa* Müller, adulte, vivant en milieu extérieur (de février à juin 1984).

Différents facteurs lumineux, comme la durée de la phase éclairée et l'intensité lumineuse peuvent expliquer en partie ces phénomènes :

- En effet, l'éclairement reçu par les adultes en février, correspond à la première période lumineuse après l'hibernation. La lumière jouerait donc le rôle de stimulus pour déclencher le réveil et la reprise de l'activité, notamment nutritionnelle, responsable de l'augmentation pondérale très rapide à la sortie d'hibernation.

- D'autre part, en avril, la durée moyenne de la photophase est de 13 heures et semble constituer un seuil photopériodique en deça duquel une photopériode à courte photophase de 11 H/13 h enregistrée en mars induit une chute de la croissance.

- Enfin, les intensités lumineuses notées à l'extérieur à partir du mois d'avril deviennent de plus en plus régulières au cours d'une même journée. Une certaine stabilité dans les valeurs de l'intensité pourrait donc contribuer à favoriser la croissance.

En conditions expérimentales contrôlées :

a) En lumière blanche.

Influence de la photopériode.

En lumière blanche, une photopériode à alternance jour-nuit permet d'enregistrer les meilleurs gains de poids pour des jeunes âgés de 1 à 21 Jours, et ceci indépendamment de la durée de la phase éclairée. Par contre, seule une photopériode à longue photophase égale à

.6 heures, stimule très favorablement la croissance des jeunes escargots jusqu'à l'âge de 6 semaines (Tableau II).

	Age : 1 à 21 jours			Age : 28 à 49 jours		
Photopériode J/N	Poids à 1 jour (g)	Poids à 21 jours (g)	Gains de poids (g)	Poids à 28 jours (g)	Poids à 49 jours (g)	Gains de poids (g)
8h/16h	0,04	0,17 ± 0,01	+ 0,13	0,55 ± 0,02	1,19 ± 0,09	+ 0,64
16h/8h	0,04	0,16 ± 0,01	+ 0,12	0,52 ± 0,03	1,32 ± 0,10	+ 0,80
24h/0h	0,04	0,12 ± 0,01 **	+ 0,08	0,42 ± 0,04	1,19 ± 0,10	+ 0,75
		($\bar{m}$ ± Sm)		($\bar{m}$ ± Sm)	($\bar{m}$ ± Sm)	

(** = P < 0,01 ; test t de Student)

Tableau II

Poids moyens et gains pondéraux enregistrés pour des escargots *Helix aspersa* Müller, âgés de 1 à 49 jours et soumis à différentes photopériodes en lumière blanche (60 lux).

Les escargots adultes présentent tous des gains de poids sensibles après 10 semaines d'élevage, quelle que soit la durée de l'éclairement. Le gain de poids enregistré pour les adultes soumis à une photopériode à longue photophase (16 h/18 h) est supérieur à l'accroissement pondéral des adultes placés sous courte photophase ou sous lumière permanente (Tableau III).

Photopériode J/N	Poids au début de l'expérience (g)	Poids à la fin de l'expérience (g)	Gain de poids (g)
8h/16h	9,38 ± 0,26	10,45 ± 0,30	+ 1,07
16h/8h	9,64 ± 0,30	11,26 ± 0,22	+ 1,62
24h/0h	9,30 ± 0,28	10,32 ± 0,32	+ 1,02
	($\bar{m}$ ± Sm)	($\bar{m}$ ± Sm)	

Tableau III

Moyennes pondérales et gains de poids moyens enregistrés pour des escargots Petits-gris *Helix aspersa* Müller, adultes, placés en lumière blanche, sous différentes photopériodes (Intensité = 60 lux; n = 45).

Influence de la variation de photopériode.

Les variations de la photopériode peuvent également être importantes et deux cas sont considérés: photopériodes croissantes de 8h/16h à 16h/8h (lot +) et décroissantes de 16h/8h à 8h/16h (lot -). Il apparaît alord que le poids moyen d'un jeune escargot âgé de 77 jours est de 2,67g pour les photopériodes croissantes, alors qu'il n'atteint que 2,02g en photopériodes décroissantes, les moyennes étant identiques à la naissance (Fig. 2).

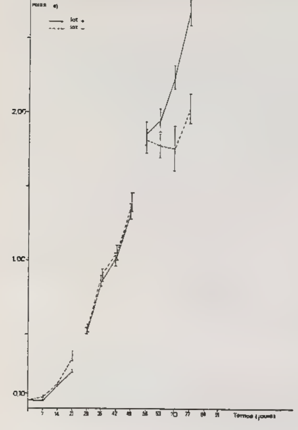


Fig. 2.- Influence de la variation de photopériode en lumière blanche (60 lux) sur la croissance pondérale des jeunes *Helix aspersa* Müller.

Influence de l'intensité lumineuse.

L'évolution pondérale des jeunes escargots est très dépendante de la valeur de l'intensité lumineuse, dès l'âge de 21 jours (Fig. 3) (la photopériode est fixée à 16h/8h). Ainsi, après 6 semaines d'expérimentation, les moyennes pondérales des juvéniles I diffèrent de manière hautement significative, l'accroissement pondéral étant 3 fois supérieur sous une intensité moyenne de 60 lux (Tableau IV).

Tableau IV

Moyennes pondérales obtenues pour des jeunes *Helix aspersa* Müller placés en lumière blanche sous différentes intensités lumineuses (photopériode - 16h/8h) à l'âge de 6 semaines).

Intensité (lux)	Moyennes pondérales (g)
10	0,56 ± 0,03
60	1,32 ± 0,03 ***
100	0,36 ± 0,03

($\bar{m}$ ± Sm)

(*** = p < 0,001; test t de Student)

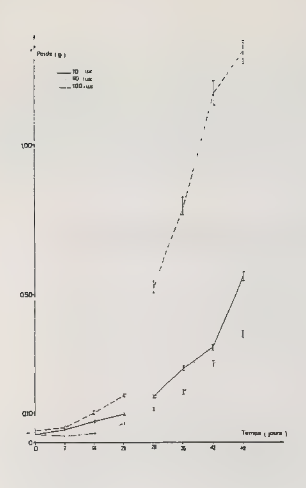
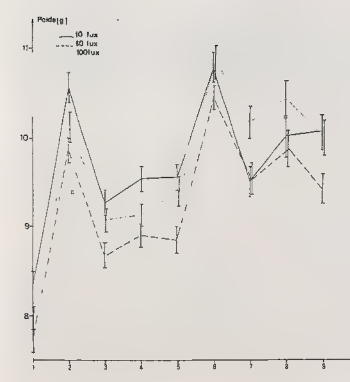


Fig. 3 - Influence de l'intensité lumineuse en lumière blanche (16h/8h) sur la croissance pondérale des jeunes *Helix aspersa* Müller.



Par contre, pour les adultes, les moyennes pondérales enregistrées tout au cours de cette expérience ne présentent aucune différence significative d'un lot à l'autre (Fig. 4).

Fig. 4 - Influence de l'intensité lumineuse en lumière blanche (16h/8h) sur la croissance d'*Helix aspersa* Müller, adultes.

b) En lumière monochromatique.

Croissance des adultes .

L'intensité lumineuse étant fixée à 60 lux, les escargots adultes sont placés sous des lumières de différentes longueurs d'onde et sous la lumière blanche. Pour toutes les durées de l'éclairement utilisées, il s'avère que la croissance pondérale est plus fortement stimulée par des lumières à tendance monochromatique; la lumière blanche semble en effet freiner les gains de poids (Tabl. V).

Tableau V

Taux de croissance pondérale (r) enregistrés pour des escargots Petits-gris (*Helix aspersa* Müller), adultes, placés sous différentes longueurs d'onde (Intensité = 60 lux ; n = 45).

Type de Lumière utilisée	8h/16h	16h/8h	24h/0h
Blanche	+ 6	+ 9	+ 6
Bleue	+ 13	+ 14	+ 19
Verte	+ 14	+ 13	+ 13
Jaune	+ 15	+ 12	+ 15
Rouge	+ 12	+ 18	+ 8

Il est également à noter que pour une même couleur de lumière, les vitesses de croissance des adultes sont relativement similaires, quelle que soit la photopériode.

De même, mis à part le cas de la lumière jaune, la valeur de l'intensité (10 ou 100 lux) ne joue aucun rôle sur l'engraissement des adultes. Un exemple très démonstratif concerne les adultes soumis à une longue photophase (16h/8h) en lumière bleue (Fig. 5). Les moyennes pondérales des adultes de ces 2 lots se présentent toujours statistiquement équivalentes et ceci, quelle que soit la période d'expérience : les deux courbes obtenues sont ainsi toujours parallèles.

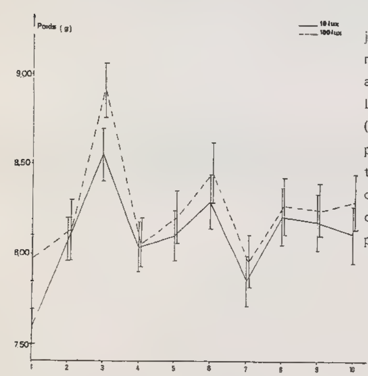


Fig. 5 - Influence de l'intensité lumineuse en lumière bleue de longue photophase (16h/8h) sur la croissance pondérale des adultes (*Helix aspersa* Müller).

Croissance des juvéniles I, âgés de 1 à 21 jours.

* Les lumières à tendance monochromatique favorisent nettement la croissance des jeunes *Helix aspersa* élevés au laboratoire de la naissance jusqu'à l'âge de 21 jours, quelle que soit la durée de la photophase. La lumière blanche ne permet l'obtention que de gains pondéraux beaucoup plus faibles (Tabl. VI). De plus, parmi les lumières de couleur, la lumière rouge est la plus favorable à l'accroissement des juvéniles.

Tableau VI

Gains de poids moyens enregistrés pour des individus d'*Helix aspersa* Müller, âgés de 1 à 21 jours et placés sous des lumières de différentes longueurs d'onde (Intensité = 60 lux)

Type de lumière utilisée	8h/16h	16h/8h	24h/0h
Blanche	+ 0,14	+ 0,15	+ 0,08
Bleue	+ 0,19	+ 0,21	+ 0,15
Verte	+ 0,32	+ 0,21	+ 0,26
Jaune	+ 0,18	+ 0,21	+ 0,18
Rouge	+ 0,34	+ 0,25	+ 0,28

* Contrairement au cas des adultes, la valeur de l'intensité lumineuse a une très grande influence sur la croissance des jeunes. Ainsi, en lumière rouge permanente (24h/0h), les gains de poids varient du simple au quadruple. En effet, les jeunes placés sous l'intensité de 60 lux gagnent en moyenne + 0,29 g contre seulement + 0,07 g et + 0,06 g respectivement sous 10 et 100 lux.

CONCLUSION.

La croissance saisonnière de *Helix aspersa*, adulte, placé en milieu naturel semble en partie dépendante du facteur lumineux. **La lumière peut en effet jouer un rôle de stimulus sur la reprise d'activité des escargots Petits-gris.**

Un seuil photopériodique paraît se situer pour une photopériode égale à 13h/11h, les durées de la photophase supérieure à 13 heures favorisant très nettement la croissance des adultes. Cependant, en milieu naturel, **la lumière ne se manifeste pas isolément mais en conjugaison avec différents facteurs environnementaux** comme la température et le degré hygrométrique. L'impact du facteur lumière est donc jugé soit par excès soit par défaut.

Des études au laboratoire nous ont permis d'émettre certains faits généraux :

* En lumière blanche, la croissance pondérale des juvéniles I est très fortement stimulée par une photopériode à longue photophase (16h/8h), par une série de photopériodes croissantes et par une intensité moyenne de 60 lux. La croissance pondérale des adultes est également favorisée par une longue photophase, mais ne dépend aucunement de la valeur de l'intensité lumineuse. Le parfait parallélisme existant entre les courbes des différents lots d'adultes peut nous faire penser que la croissance pondérale des adultes semble davantage être sous la dépendance

de facteurs "externes" non contrôlés ou d'un rythme endogène propre à l'espèce ou induit par les conditions antérieures ou présentes.

* En lumière monochromatique, il apparaît que ni la durée de la photophase, ni la valeur de l'intensité lumineuse n'influencent l'accroissement pondéral des adultes. Cependant, en règle générale, la croissance des adultes est toujours nettement favorisée en lumières de couleur. **Dans le cas des juvéniles I, l'évolution pondérale est stimulée par toutes les lumières monochromatiques et plus particulièrement par la lumière rouge (6300 < λ < 7500 A).** De même, une intensité lumineuse moyenne de 60 lux stimule très fortement leur croissance.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOLKEN G. et al., 1978. The influence of day light on body growth and female reproductive activity in the pond snail (*Lymnaea stagnalis*). *J. Comp. Endocr.*, 34 : 148.

CHARRIER, M. et DAGUZAN, J., 1978. Etude de la croissance de l'escargot "Petit-gris" *Helix aspersa* Müller (Mollusque Gastéropode Pulmoné). *Haliotis*, 9 (1) : 15-18.

CHARRIER, M., 1980. Contribution à la biologie et à l'écophysiologie de l'escargot Petit-Gris *Helix aspersa* Müller. Thèse de Doctorat 3ème cycle, Université de Rennes I, 330 p.

CHEVALLIER, M., 1982. Facteurs de croissance chez les Gastéropodes Pulmonés terrestres paléarctiques en élevage. *Haliotis*, 12 : 29-46.

CREESE, R.G. and A.J. UNDERWOOD. Observations on the biology of the Trochid Gastropod Austrocochlea constricta (Lamarck) (Prosobranchia). I Factors affecting shell-banding Pattern. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 1976, vol. 23, 211-228.

DAGUZAN, J., 1982. Contribution à l'élevage de l'escargot Petit-Gris *Helix aspersa* Müller.II. Evolution de la population juvénile de l'éclosion à l'âge de 12 semaines en bâtiment et en conditions d'élevage contrôlées. *Ann. Zootechn.*, 31 (2) : 87-110

DERAY A., BONNEFOY-CLAUDET R., & LAURENT J., 1984. Héliciculture : éléments de recherches fondamentales, appliquées et perspectgives économiques. Fascicule de l'Association Comtoise et Savoisienne d'Héliciculture, 68 pages.

GOMOT, L., ENNEE, J. & LAURENT, J., 1982. Influence de la photopériode sur la croissance pondérale de l'escargot *Helix aspersa* Müller, en milieu contrôlé. *C.R. Acad. Sci., Paris*, 294, sér. III, 749-752.

SEUGE, J. & BLUZAT, R., 1982. Effets des conditions d'éclairement sur la croissance de *Lymnaea stagnalis*. *Malacologia*, 23 (1) : 55-62.

SMITH B.J., 1966. Maturation of the reproductive tract of *Arion ater* (*Pulmonata Arionidae*). *Malacologia*, 4 (2) 325-329.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 125 à 134

CROISSANCE, ENGRAISSEMENT ET CYCLE SEXUEL DE *CRASSOSTREA GIGAS* DANS LE BASSIN D'ARCACHON : COMPARAISON DES HUITRES AGEES DE 1 ET 2 ANS

par

Danièle MAURER et Michel BOREL
I.F.R.E.MER - 63, Boulevard Deganne - 33120 ARCACHON

ABSTRACT. Growth, Fattening and sexual maturation of *Crassostrea gigas* in the bay of Arcachon : comparison between one and two years old oysters.

The behaviour of one and two years old *Crassostrea gigas* was studied during the springs and summers of 1983, 1984, in different zones of the Bay of Arcachon. The physiology of two years old oysters is orientated towards reproduction, with consistent maturation in the same population. Spring carbohydrate storage is variable each year and synchronous with growth. Carbonydrates are depleted during the month before spawning, and probably converted into lipid reserves of ovocytes.

However in one year old oysters, spawning does not occur throughout the entire population due to heterogeneity in sexual maturation. The storage of carbohydrates is found to be the same for both ages, although the young oysters use them at an earlier and in a more intensive manner. This energetic expenditure suggests an important increase of metabolic costs during this period. Young oysters would not be well adapted to spring temperature rise, coupled later on with reduced food availability. These results are discussed in relation to summer mortalities occuring mostly among one year old oysters in the Bay of Arcachon.

RESUME. Le comportement d'huîtres *Crassostrea gigas* âgées de 1 et 2 ans a été étudié au cours des printemps et été 1983 et 1984 dans différents sites du bassin d'Arcachon.

Les huîtres âgées de 2 ans ont une physiologie orientée vers la reproduction, la maturation s'effectuant de façon synchrone dans un même lot. L'importance de l'accumulation printanière de réserves glycogènées est variable selon les années et corrélative de la phase de croissance. Les composants glucidiques sont rapidement utilisés au cours du mois précédent la ponte, et transformée en lipides de réserve des ovocytes.

les huîtres âgées de 1 an évoluent à des rythmes différents, certaines ne présentant aucun signe de maturation; le pourcentage de sujets qui fraient varie selon les années. Les réserves glycogènées s'accumulent de façon comparable chez les 2 classes d'âge; leur utilisation plus précoce et plus intense par les jeunes mollusques n'intervient pas nécessairement en liaison avec la gamétogénèse et la croissance, et laisse supposer des besoins métaboliques plus importants à cette période. Les jeunes huîtres s'adapteraient mal aux élévations de températures printanières associées par la suite à une réduction de la disponibilité en nourriture. Les résultats obtenus sont discutés en relation avec les mortalités estivales qui affectent principalement les huîtres de 1 an dans le basson d'Arcachon.

Key-words : *Crassostrea gigas* , biochemistry, maturation, Bay of Arcachon.

Mots-clefs : *Crassostrea gigas*, biochimie, maturation, bassin d'Arcachon.

INTRODUCTION.

Le bassin d'Arcachon est un site particulièrement favorable à la croissance et la reproduction de l'huître japonaise *Crassostrea gigas* . C'est un des premiers centres français de production de naissain et d'huîtres de demi-élevage. Pourtant, depuis l'introduction massive de *Crassostrea gigas* en 1971-72, il existe peu de données sur le comportement des huîtres âgées de 1 an dans le milieu naturel, exception faite des travaux de HIS (1978) dans le bassin d'Arcachon, et de DESLOUS-PAOLI (1980), DESLOUS-PAOLI et HERAL (1984) dans le bassin de Marennes-Oléron. Par ailleurs, des phenomènes de mortalité estivale sont apparus depuis quelques années dans ce premier site, affectant plus fortement en un même lieu, les jeunes huîtres que les huîtres plus âgées. Afin d'appréhender le comportement particulier de cette classe d'âge, une étude comparative de la croissance et du cycle sexuel d'huîtres de 1 an et 2 ans a été entreprise au cours des printemps et étés 1983 et 1984, dans différents secteurs du bassin d'Arcachon.

MATERIEL ET METHODES.

Deux sites ont été retenus en 1983, dans deux zones opposées du bassin d'Arcachon: le Cap-Ferret (secteur océanique communément appelé les "bas") et Taussat (secteur continental, dénommé les "hauts"); afin de compléter les observations, une zone intermédiaire, le Courbey a été ajoutée en 1984 (fig. 1).

Les catégories suivantes de *Crassostrea gigas* , originaires d'Arcachon ont été mises en élevage :

- sujets âgés de 1 an (naissain), au Cap-Ferret et à Taussat en 1983, puis au Courbey en 1984;
- sujets âgés de 2 ans à Taussat, en 1983, à titre de comparaison, puis au vu des résultats obtenus, dans les trois secteurs en 1984.

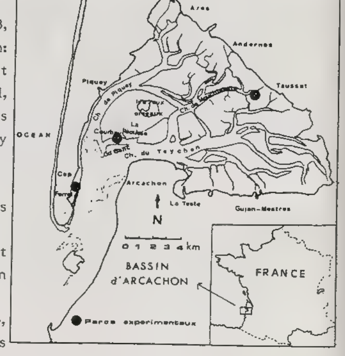


Fig. 1 - Le Bassin d'Arcachon

Les huîtres ont été mises en poches ostréophiles, à raison de 1.000 naissains par poche, et 250 pour les mollusques de 2 ans. Des échantillons de 30 à 50 huîtres ont été prélevés de une à trois fois par mois, avec une fréquence plus importante en période de reproduction. Sur ces huîtres ont été effectuées des mesures biométriques individuelles : poids total vivant et poids sec, et des mesures globales : index de condition.

(I.C. = $\frac{\text{poids de chair sèche (g) x 1.000}}{\text{capacité intervalvaire (ml)}}$) . Les stades macroscopiques de maturation de la gonade (LE DANTEC, 1968) ont été déterminés : stade 0 de repos sexuel, stades I et II de développement des follicules, stade III de réplétion maximum de la gonade, stades IV et V de pontes partielle et totale.

Les dosages des lipides et des glucides ont été effectués sur la chair sèche finement broyée d'un sous-échantillon de 10 individus (DESLOUS-PAOLI, 1980), respectivement par les méthodes de MARSH et WENSTEIN (1966) et de DUBOIS *et al.* (1956).

RESULTATS.

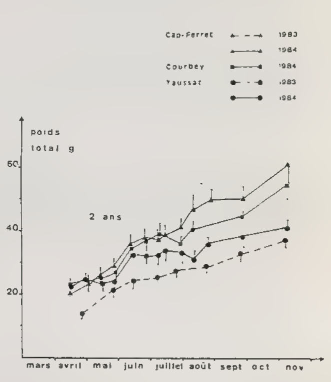
1. Poids total vivant (fig. 2)

a)Huîtres de 2 ans : après une augmentation importante des valeurs pondérales au printemps et jusqu'à la mi-juin, la croissance des huîtres de 2 ans est très ralentie durant le début de l'été. On assiste à une reprise à partir d'août dans le secteur occidental, et de septembre dans le secteur oriental. Les trois sites s'ordonnent suivant un gradiant positif de croissance des hauts vers les bas du bassin (Taussat, Courbey, Cap-Ferret). L'évolution des poids est semblable à Taussat pour les deux années étudiées, avec cependant un poids inférieur en 1983, à la mise en élevage.

b) Huîtres d'un an : en 1983, la croissance pondérale est pratiquement continue et identique dans les deux sites. En 1984, on observe un net ralentissement de la croissance de mi-juin à fin juillet dans les secteurs du Cap-Ferret et du Courbey et jusqu'en août à Taussat. Comme pour les huîtres de 2 ans, un gradient croissant des valeurs pondérales apparaît des hauts vers les bas du bassin.

2. Maturation et pontes.

a) Huîtres de 2 ans : les huîtres d'un même lot évoluent de façon synchrone. La maturation est plus rapide à Taussat et au Courbey qu'au Cap Ferret. Le 14 Mai, les huîtres des trois secteurs ont toutes atteint ou dépassé le stade II, et le 27 juin, 100 % de stades III sont observés. Lorsque la ponte principale est précoce, elle est suivie



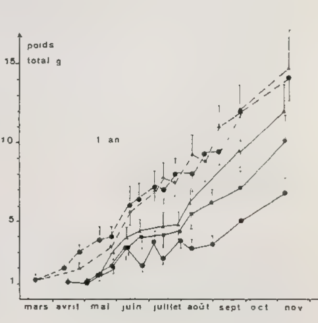


Fig. 2 . Evolution des poids totaux vivants

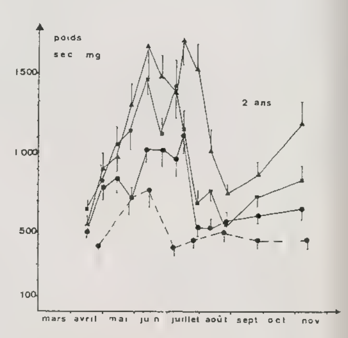
d'une seconde ponte importante; c'est le cas pour les huîtres du Courbey et de Taussat (frai début juillet en 1983 et fin juillet en 1984) qui apparaissent donc se comporter de façon semblable, bien que se trouvant dans des zones géographiques différentes. Au Cap-Ferret , la ponte est plus tardive (début août en 1984).

b) Huîtres de 1 an : on observe une évolution asynchrone de la maturation au sein d'un même lot. De même des différences notables s'observent d'une année sur l'autre. En 1983, une majorite de naissains atteint successivement les derniers stades de maturation (réplétion maximale de la gonade). Les pontes se produisent plus précocement à Taussat, mais une quinzaine de jours plus tard que sur les huîtres de 2 ans. La maturation est donc plus lente chez les jeunes huîtres.

En 1984, 25 % des naissains maturent leur gonade au Courbey et au Cap Ferret, contre seulement 10 % à Taussat. Les pontes ne se produisent pas de façon synchrone à l'intérieur d'un même lot. Une regression des produits sexuels est observée début juin à Taussat et au Courbey et fin juin au Cap-Ferret, décelable par une augmentation notable (de 50 % à 80 %) du pourcentage de naissains d'apparence maigre, avec une gonade totalement translucide (stade 0); aucun sujet n'avait atteint le stade III, ce qui exclut l'éventualité d'une ponte en cette période très précoce de l'année. La non-maturation de la population en 1984 peut être mise en rapport avec la taille plus faible des huîtres. Ainsi, BUROKER (1983) observe une forte proportion d'individus de sexe indéterminé dans les classes de tailles les plus petites.

3. Poids secs (fig. 3).

a) Huîtres de 2 ans : l'augmentation très importante des poids secs jusqu'à mi-juin correspond à l'élaboration des gamètes. Les pontes, décalées dans le temps selon les sites, entraînent une chute des valeurs. A l'issue de la saison de reproduction, les poids secs se situent à un niveau équivalent à celui du mois d'avril. L'énergie est utilisée pour la formation des gamètes et non pour augmenter le biomasse de chair (HERAL *et al.* , 1983). Les trois sites s'ordonnent suivant un gradient croissant des hauts vers les bas du bassin, aussi bien pour l'effort de reproduction que pour la croissance somatique.



b) Huîtres de 1 an : en 1983, l'augmentation des poids secs est pratiquement continue et plus importante en mai et juin. Les pontes induisent une chute ponctuelle des valeurs qui restent cependant supérieures à celles du

printemps. L'augmentation de chair sèche correspond donc principalement à la croissance et secondairement à l'élaboration des produits sexuels, conformément aux observations de DESLOUS-PAOLI et HERAL (1984).

En 1984, les poids secs se stabilisent dès la mi-mai à Taussat, et à partir de juin dans les deux autres sites. Ils ne recommencent à augmenter qu'à la fin août. Comme pour la croissance du poids total des individus, on retrouve un gradient croissant des hauts vers les bas du bassin, en ce qui concerne les poids secs de la chair.

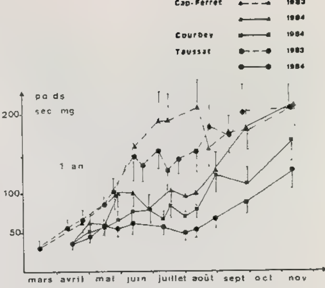


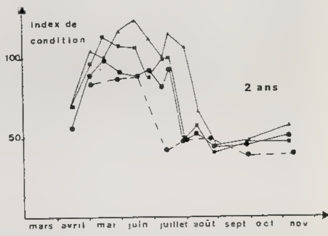
Fig. 3 - Evolution des poids secs

4. Index de condition (fig. 4).

a) Huîtres de 2 ans : les index de condition varient de 40 à 120. Les plus élevés, correspondant à l'état de réplétion maximum de la gonade, s'observent à la mi-mai à Taussat et à Courbey, et plus tardivement, à la mi-juin, au Cap-Ferret; puis ils se maintiennent jusqu'à la ponte. Comme pour les deux précédents paramètres, on retrouve un gradient croissant des hauts vers les bas du bassin.

Le frai provoque une chute des valeurs qui se situent dans tous les cas au même niveau en septembre.

b) Huîtres de 1 an : les index de condition varient de 35 à 140. Les maximum sont obtenus début mai. A partir de cette période, on observe une décroissance régulière des valeurs, en 1983 comme en 1984, qu'il y ait ou non maturation, Cette diminution n'est pas liée au frai comme pour les huîtres de 2 ans. Elle indique un amaigrissement relatif des individus qui abordent donc la période estivale dans un état d'affaiblissement important.



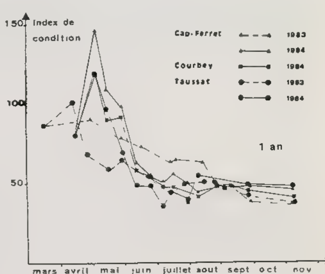


Fig. 4 - Evolution des index de condition.

5. Glucides (fig. 5)

Les pourcentages de glucides totaux varient de 0,7 % à 23 % du poids sec. Les taux maximums sont équivalents pour les deux classes d'âge et nettement supérieurs en 1984. Le glycogène suit globalement une évolution similaire à celle des glucides totaux. Il représente généralement de 65 % à 100 % des sucres.

a) Huîtres de 2 ans: les valeurs les plus élevées sont obtenues de mi-mai (Taussat) à fin-mai (Cap-Ferret); ainsi elles continuent à augmenter au Cap-Ferret, alors qu'elles commencent à chuter à Taussat. Puis à partir de juin, les taux de glucides décroissent progressivement, ave une gradation selon les sites et les années, pour atteindre un minimum en juillet à Taussat, en août au Courbey et au Cap-Ferret. En 1983, les valeurs observées sont particulièrement faibles.

b) Huîtres de 1 an : les taux maximums de glucides sont atteints fin avril et la décroissance des valeurs débute dès le mois de mai, soit un mois avant les huîtres de 2 ans. L'évolution des teneurs est synchrone dans les trois sites, les valeurs restant cependant supérieures au Cap-Ferret et intermédiaires au Courbey. Les minimums atteints de juillet à août selon les sites, sont inférieurs à ceux des individus de 2 ans.

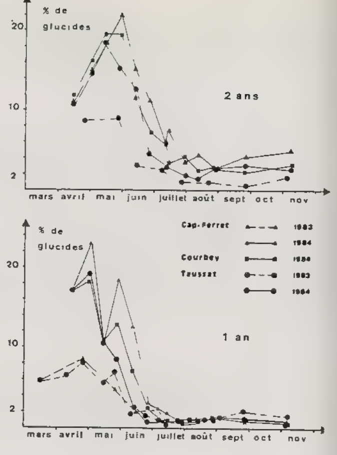
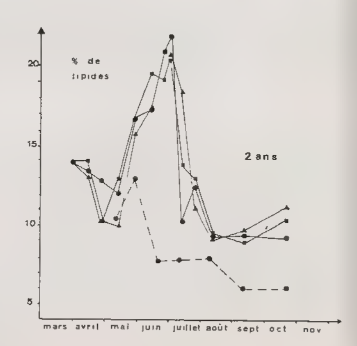


Fig. 5 - Évolution des teneurs en glucides totaux (% du poids sec)

6. Lipides (fig. 6)

Les teneurs en lipides sont supérieures en 1984 à celles de 1983, chez les deux classes d'âge.

a) Huîtres de 2 ans : les taux varient de 6 à 22 % du poids sec. Ils sont plus élevés chez les femelles. Ils augmentent



en juin, corélativement avec une diminution des teneurs en glucides. La ponte se traduit par une chute marquée des valeurs.

b) Huîtres de 1 an : en 1983, l'évolution est similaire à celle des huîtres de 2 ans. En 1984, les valeurs présentent des fluctuations s'inscrivant dans une décroissance générale pendant la période étudiée. Dans les deux cas, et plus particulièrement en 1984, les teneurs en lipides sont très inférieures à celles des huîtres de 2 ans.

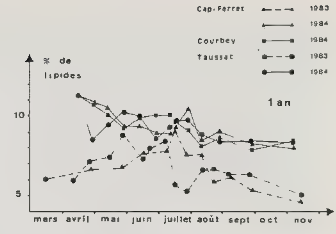


Fig. 6 - Evolution des teneurs en lipide totaux (% du poids sec)

DISCUSSION.

L'évolution des constituants biochimiques chez les huîtres âgées de 2 ans s'effectue en liaison avec le cycle de reproduction. La phase printanière d'accumulation des réserves glycogénées est synchrone avec la croissance et le début de la gamétogénèse, contrairement à ce qui est observé chez d'autres bivalves comme *Mytilus edulis* (GABBOTT, 1983). Après un maximum en mai, les glucides chutent avec l'avancement de la maturation sexuelle et l'augmentation très forte des teneurs en lipides. A ce moment, la croissance est pratiquement stoppée.
Ces observations confirment celles de MASUMOTO *et al.* (1934), HATANAKA (1940), JENG *et al.* (1979), MANN (1979), MORI (1979), DESLOUS-PAOLI (1980) et PERDUE *et al.* (1981); ce cycle d'évolution suggère l'utilisation du glycogène pour l'élaboration des lipides de réserve des ovocytes (GODDARD et MARTIN, 1966; GIESE, 1969; GABBOTT 1975, 1983). Le fait que les taux de lipides obtenus soient liés aux taux de glucides initiaux constitue un élément supplémentaire pour étayer cette hypothèse. GABBOTT (1975) précise sur *Mytilus edulis* que la chute de glycogène est corrélative du stade II (oogénèse et vitellogénèse) de la gamétogénèse. Chez *Crassostrea gigas*, elle est plus tardive et correspond au début du stade III; la même observation est faite sur des huîtres élevées en claires par DESLOUS-PAOLI (1980).

Les différences observées entre les deux années peuvent être reliées à l'importance des blooms phytoplanctoniques printaniers. En effet, de mars à mai, les teneurs en chlorophylle a n'excèdent pas 3 $mg.m^{-3}$ en 1983 et sont comprises entre 4 et 14 $mg.m^{-3}$ en 1984 (MAURER, données non publiées). Les différences notées entre les trois sites peuvent s'expliquer en partie par les températures plus élevées dans les hauts du bassin qui entraînent une maturation plus rapide et raccourcissent les phases de croissance et d'accumulation de réserves. Il en résulte un gradient croissant des hauts vers les bas du bassin pour les paramètres pondéraux et les index de condition.

Cette action des températures élevées sur l'évolution des constituants biochimiques et de la maturation a été observée expérimentalement par MANN (1979), dans des conditions trophiques limitantes.

Les résultats obtenus chez les huîtres âgées de 1 an n'entrent pas dans le schéma décrit ci-dessus. En effet, les réserves glycogènées décroissent très tôt avec l'index de condition; la maturation, tardive en 1983 et pratiquement inexistante en 1984, ne peut être à l'origine du phénomène. La croissance observée à cette époque s'effectue donc aux dépens des réserves et s'oriente plus vers la production de coquille que de chair, provoquant un amaigrissement relatif des individus. La différence de comportement entre les deux classes d'âge placées dans les mêmes conditions, suggère l'existence de besoins métaboliques proportionnellement supérieurs chez les jeunes huîtres, qui peuvent s'expliquer par les raisons suivantes :

- les besoins énergétiques des sujets de petite taille (jeunes individus) sont proportionnellement supérieurs à ceux des adultes (BAYNE et NEWELL, 1983; GERDES, 1983; DESLOUS-PAOLI, 1985).
- ils augmentent avec l'élévation de température printanière comme c'est le cas chez *Ostrea edulis* (NEWELL *et al.*,1977) et plus généralement chez les huîtres (SHUMWAY, 1982), sans qu'un mécanisme compensatoire par accroissement du taux de filtration (NEWELL *et al.*,1977) intervienne pour équilibrer le bilan énergétique (HERAL et DESLOUS-PAOLI, com. pers.).

L'utilisation intense des réserves dès le mois de mai, surtout en 1984, ainsi que la non-maturation du naissain, malgré des teneurs élevées en glycogènes et de bonnes conditions trophiques, semblent accréditer cette hypothèse. A partir de juin l'augmentation plus importante de la température et la diminution observée des niveaux trophiques exacerbent le phénomène jusqu'à épuisement presque total des réserves glucidiques et dans une moindre mesure lipidiques. Les jeunes *C. gigas* tolèrent mal ces périodes d'appauvrissement de la nourriture disponible, accompagnées de températures élevées (MALOUF et BREESE, 1977), contrairement à d'autres bivalves comme *M. californianus* (BAYNE et NEWELL, 1983).

Dans le bassin d'Arcachon, les mortalités estivales affectent principalement les huîtres de 1 an, et dans une moindre mesure, celles âgées de 2 ans.
Elles se produisent dans les deux cas après une chute marquée des réserves glucidiques (teneurs inférieures à 1 % du poids sec). Les huîtres sont soumises l'été à des chocs importants (exondation, variations thermiques), en particulier quand la basse mer intervient au milieu de la journée. Ces périodes de stress sont normalement supportées grâce à l'utilisation des réserves (WIDDOWS et BAYNE, 1971; BAYNE et NEWELL, 1983), les plus efficientes étant les hydrates de carbone (MANN, 1979; MORI, 1979); ces derniers sont, de plus, seuls utilisables pendant la phase d'anaérobiose à laquelle sont exposés les mollusques intertidaux (HOLLAND et HANNANT, 1974; DE ZWAAN, 1983). En l'absence de ces composés biochimiques, le déséquilibre énergétique consécutif peut provoquer la mort des individus; l'état d'affaiblissement dans lequel les jeunes huîtres abordent la période estivale les y prédispose plus particulièrement.

CONCLUSION.

Dans le bassin d'Arcachon, les huîtres âgées de 2 ans présentent un comportement "classique" caractérisé par une phase printanière d'accumulation de réserve glucidiques, corrélative de la croissance et du début de la gamétogénèse. Ces constituants biochimiques sont rapidement utilisés au cours du mois précédant la ponte, et vraisemblablement transformés en lipides de réserves des produits sexuels. Les jeunes huîtres présentent en revanche, un comportement physiologique particulier : la période d'accumulation des réserves est réduite; celles-ci sont ensuite rapidement utilisées pour assurer la croissance et le métabolisme de base. Dans ces conditions, les jeunes mollusques s'adapteraient moins bien aux élévations de températures printanières, associées par la suite à une diminution de la nourriture disponible, que les mollusques plus âgés placés sur les mêmes sites.

Cette différence entre les deux classes d'âge est observée dans tout le bassin d'Arcachon; les conditions locales de chaque site établissent de plus des gradations entre les secteurs, avec les phénomènes globalement plus accentués dans les hauts du bassin.

REEFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

BAYNE, B.L., et NEWELL, R.C., 1983. Physiological energetics of marine molluscs. In "The Mollusca", Wilburg K.M., Academic Press London, 4 (1) : 407-515.

BUROKER, N.E., 1983. Sexuality with respect to shell length and group size in the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. *Malacologia*, 23 (2) : 271-279.

DESLOUS-PAOLI, J.M., 1980. Contribution à l'étude de la biologie de l'huître *Crassostrea gigas* Thunberg dans le bassin et les claires de Marennes-Oléron. Thèse de 3ème cycle. Univers. Aix-Marseille II : 121 p.

DESLOUS-PAOLI, J.M., 1985. Assessment of energetic requirements of reared molluscs and of their main competitors. International Seminar of Shellfish Culture, Development and management. La Rochelle 4-9 mars 1985, France : 29 p.

DESLOUS-PAOLI, J.M., et HERAL, M., 1984. Transferts énergétiques entre l'huître *Crassostrea gigas* de 1 an et la nourriture potentielle disponible dans l'eau d'un bassin ostréicole. *Haliotis*, 14 : 79-90.

DE ZWAAN, A., 1977. Anaerobic energy metabolism in bivalve molluscs. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 15 : 103-187.

DUBOIS, F., GILLES, K.A., HAMILTON, J.K., RFEBECS, P.A., et SMITH, F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28 (3) : 350-356.

GABBOTT, P.A., 1975. Storage cycle in marine bivalve molluscs : a hypothesis concerning the relation ship between glycogen metabolism and gametogenesis. Proc. 9th Europ. Mar. Biol. Symp., Aberdeen Scotland : 191-211.

GABBOTT, PM.A., 1983. Developmental and seasonal metabolic activities in marine molluscs. In "The Mollusca", Wilburg K.M., Academic Press. London, 2 : 165-217.

GERDES, D., 1983. The Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. Part. II, oxygen consumption of larvae and adults. *Aquaculture*, 31 : 221.231.

GIESE, A.C., 1969. A new approach to the biochemical composition of the molluscs body. *Oceanogr Mar. Biol. Ann. Rev.*, 7 : 175-229.

GODDART, C.K., et MARTIN, A.W., 1966. Carbohydrate metabolism. In "Physiology of Mollusca", Wilburg et Young, Academic Press, New-York, London, 2 : 275-308.

HATANAKA, M., 1940. Chemical composition of the oyster, *Ostrea gigas* Th. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 9 (1) : 21-26.

HERAL, M., DESLOUS-PAOLI, J.M., et SORNIN, J.M., 1983. Transferts énergétiques entre l'huître *Crassostrea gigas* et la nourriture potentielle disponible dans un bassin ostréicole : premières approches. *Oceanis* 9 (3) : 169-194.

HIS, E.,, 1978. Une expérience de production de "naissain naturel un à un", sa croissance dans le bassin d'Arcachon. *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, n° 280 : 12 p.

HOLLAND, D.L., et HANNANT, P.J., 1974. Biochemical changes during growth of the spat of the oyster. *Ostrea edulis* L. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, *54* : 1007-1016.

JENG, S.S., HSU, S.Y., et WANG, G.S., 1979. Chemical composition of Taiwan's oysters and clams. *Bull. Inst. Zool., Academia Sinica*, 18 (1) : 2-10.

LE DANTEC, J., 1968. Ecologie et reproduction de l'huître portugaise (*C. angulata*) dans le bassin d'Arcachon et la rive gauche de la Gironde. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.* 32 (3) : 237-362.

MALOUF, R.E., et BREESE, W.P., 1977. Seasonal changes in the effects of temperature and water flow rate on the growth of juvenil Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Aquaculture*, 12: 1-13.

MANN, R., 1979. Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis on *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. *J. Mar. biol. Ass. U.K.*, *59* : 95-110.

MARSH, J.B., et WEINSTEIN, D.B., 1966. Simple charring method for determination of lipid. *J. Lipid. Res.*, *7* : *574* - *576*.

MASUMOTO, B., MASUMOTO, M. et HIBINO, H., 1934. Biochemical studies of Magaki (*Ostrea gigas* Th), II. The seasonal variation in chemical composition of *Ostrea gigas* Th.. *J. Sci. Hiroshima Univ.*, A4 : 47-56.

MORI, K., 1979. Effects of artificial eutrophisation on the metabolism of the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. *Mar. biol.* , *53* : 361-369.

NEWELL, R.C., JOHNSON, L.G., et KOFOED, L.H., 1977. Adjustment of the components of energy balance in response to temperature change in *Ostrea edulis*. *Oecologia (Berl.)*, 30 : 97 - 110.

PERDUE, J.A., BEATTIE, J.H., et CHEW, K.K., 1981. Some relation ships between gametogenesis cycle and summer mortality phenomenon in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in Washington state. *J. Shellfish. Res.*, 1 (1) : 9-16.

SHUMWAY, S.E., 1982. Oxygen consumption in oysters : an overview. *Mar. biol. Lett.* 3 : 1-23.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 135 à 142

DYNAMIQUE DE POPULATION DE *CULTELLUS PELLUCIDUS* ET *TELLINA FABULA* (MOLLUSQUES BIVALVES) DU PEUPLEMENT DES SABLES FINS ENVASES DE LA BAIE DE SEINE ORIENTALE (MANCHE)

par

Franck GENTIL
Université P. & M. Curie et L.P..4601-CNRS, Station Biologique,
29211 ROSCOFF, France

ABSTRACT

Population dynamics of *Cultellus pellucidus* and *Tellina fabula* (Bivalves) in a muddy sand community from the Bay of Seine (English Channel).

A benthic survey of a muddy sand *Abra alba-Pectinaria koreni* community from the eastern Bay of Seine was carried out between may 1981-september 1983, using a Smith Mac Intyre grab.
Five bivalve species (*Mysella bidentata, Abra alba, Cultellus pellucidus, Tellina fabula, Mya truncata*) play a major part in the dynamics of this community with an average density of up to 7650 individuals x 1 m^{-2} which represents 30 % of the total density.
The demographic structure of two of these species has been studied :
- *C. pellucidus* : three or four recruitments occur between may-october, with rapid growth during spring and summer.
- *T. fabula* : two or three recruitments occur (one or two in late spring and summer, one in winter) with rapid growth during spring and summer.

KEY WORDS : Bivalves. *Cultellus pellucidus*. *Tellina fabula*. Dynamics. English Channel.

INTRODUCTION.

La cinétique du peuplement macrobenthique des sables fins envasés à *Abra alba-Pectinaria koreni* de la partie orientale de la Baie de Seine a été étudiée au cours de deux cycles annuels consécutifs (mai 1981-septembre 1983) afin d'en déterminer les principales caractéristiques quantitatives.

Depuis les travaux de pionnier de PETERSEN (1913), de nombreux auteurs ont souligné l'importance de la "*Syndosmya* (= *Abra*) *alba* community" (THORSON, 1957, WARWICK et al., 1978..), notamment en ce qui concerne sa forte richesse spécifique et numérique associée à une productivité élevée.

Les premières données recueillies à partir du faciès envasé, le plus riche de ce peuplement de la Baie de Seine, montrent qu'il est tout à fait comparable à ceux de même type connus en Manche ou dans les mers européennes (GENTIL, 1976; GENTIL et al., 1986). Il présente en plus d'une richesse spécifique élevée, une densité numérique remarquable (en moyenne 25600 individus x 1 m^{-2} au cours du suivi) qui semble en relation avec les apports estuariens.

A partir de cet abondant matériel, le présent travail expose la place que tient le groupe des Mollusques Bivalves et notamment *Cultellus pellucidus* et *Tellina fabula*, dans l'évolution temporelle du peuplement.

METHODOLOGIE.

Echantillonnage.

Une station de suivi macrobenthique a été échantillonnée par 10 m de profondeur, au débouché de l'estuaire de la Seine (coordonnées géographiques : 49° 27,2'N et 0° 1,5'E).

Les prélèvements quantitatifs ont été réalisés à l'aide d'une benne type SMITH MAC INTYRE, à raison de 10 prélèvements de 0,1 m² par séries au moins bimestrielles, entre mai 1981 et septembre 1983. Le sédiment récolté est lavé à bord sur un tamis à maille circulaire de 1 mm de diamètre, puis fixé avec du formol salé neutre à 10 %; le tri de la faune a été effectué au laboratoire après coloration au rose Bengale.

Biométrie.

Les mesures de la longueur maximale de la coquille (axe antéro-postérieur) ont été réalisées avec une précision de 0,1 mm., à l'aide d'un pied à coulisse ou d'un micromètre oculaire. Les histogrammes de fréquence de taille ont été établis en considérant des intervalles de classe de 1 mm.

CARACTERES DE LA STATION DE SUIVI

Les caractéristiques des eaux et des sédiments dans la partie orientale de la Baie de Seine ont déjà fait l'objet de nombreux travaux (ALLEN et al., 1977; AVOINE, 1981; AVOINE et CREVEL, 1986) et peuvent se résumer pour la station étudiée :

- salinité des eaux au fond : gamme moyenne annuelle entre 27,0 et 33,4% pouvant être dépassé au cours d'un cycle de marée (en conditions de crue ou de vive-eau);

- température des eaux au fond : pendant la durée du suivi, les extrêmes ont été de 6°C (février 1982 et 1983) et 22°C (août 1982) pour une gamme moyenne de 7,4 à 16,6° C (extrêmes = 5,2 à 19,5°C) d'après les données 1974-80 (R.N.O. in GENTIL et al, 1986);

- les sédiments de nature sablo-vaseuse comportent une fraction pélitique importante (en moyenne 12 % pour les particules inférieures à 50 µm.) dont les variations saisonnières (± 10 %) dépendent essentiellement de l'équilibre entre l'hydrodynamisme marin et les apports continentaux (AVOINE, 1981; GENTIL et al., 1986).

RESULTATS

Rôle des Bivalves dans l'évolution temporelle du peuplement :

Au cours de l'étude, sur un total de 163 espèces d'invertébrés 30 espèces de Mollusques ont été recensées dont 19 Bivalves. Huit des neuf espèces de Bivalves présentant une fréquence supérieure à 50 % des prélèvements (Tabl. 1) apparaissent dans la liste des 17 espèces communes de Bivalves dressée pour un même type de peuplement situé sur le German Bight, en Mer du Nord (RACHOR et SALZWEDEL, 1975).

Tableau 1.- Liste des espèces de Bivalves présentant une fréquence (F) supérieure à 50% des prélèvements au cours du suivi, avec indication pour les espèces constantes de leur rang d'abondance (R) dans le peuplement, de leur densité moyenne (N : en nombre d'individus sur 0,1 m²) et de leur dominance relative (D) par rapport aux Bivalves récoltés.

	F	R	N	D		F
Mysella bidentata	100	2	575	75,0	*Montacuta ferruginosa*	83
Abra alba	100	4	105	13,7	*Mactra corallina*	72
Cultellus pellucidus	100	8	68	9,0	*Nucula turgida*	72
Tellina fabula	100	14	12	1,5	*Pandora albida*	67
Mya truncata	100	23	5	0,6		

La diversité spécifique des Bivalves est nettement moins importante que leur abondance. Si on considère les densités relatives, les Bivalves se situent à la seconde place (30 %) après les Annélides (63%) tandis que leur nombre d'espèces (12%) les range derrière les Annélides (41%) et les Crustacés (32%); cette situation est encore plus accentuée si on examine l'abondance des trois espèces *Mysella bidentata, Abra alba, Cultellus pellucidus,* qui représentent 29 % du total des individus récoltés ou 98 % des Bivalbes (Tabl. 1). Cette dominance est telle que les fluctuations de densité de ces trois espèces règlent en grande partie l'allure générale de l'abondance des Bivalves (Fig.1).

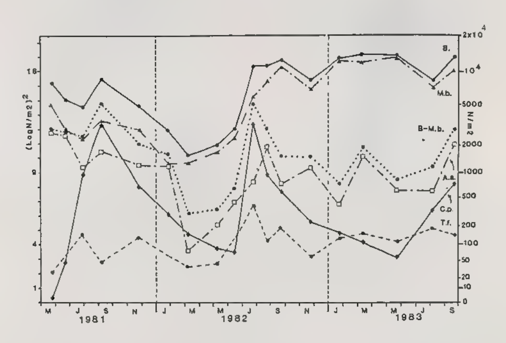


Figure 1.- Evolution des densités (nombre d'individus sur 1 m² en échelle logarithme carré) dans le peuplement des sables fins envasés de la Baie de Seine de mai 1981 à septembre 1983 : B = Bivalves (toutes les espèces). M.b. = *Mysella bidentata,* B.-M.b. = tous les Bivalves moins *Mysella b.*, A.a. = *Abra alba,* C.p. = *Cultellus pellucidus,* T.f. = *Tellina fabula.*

Dynamique de population de *Cultellus pellucidus* :

a)Densité :

Cette espèce très largement répandue sur les côtes nord-européennes (TEBBLE, 1966) occupe le huitième rang d'abondance dans le peuplement et présente des variations de densité très marquées et rapides au cours de l'année (Fig. 1) : minimum à la fin du printemps et maximum en été.

b) Structure démographique :

Les histogrammes de fréquence de taille (Fig. 2) montrent que la structure démographique est plus complexe que ne le laisse supposer l'évolution temporelle de la densité (Fig. 1). En effet, les histogrammes nettement polymodaux dans la plupart des séries permettent de discerner trois ou quatre recrutements (sur maille 1 mm) au cours de l'année :

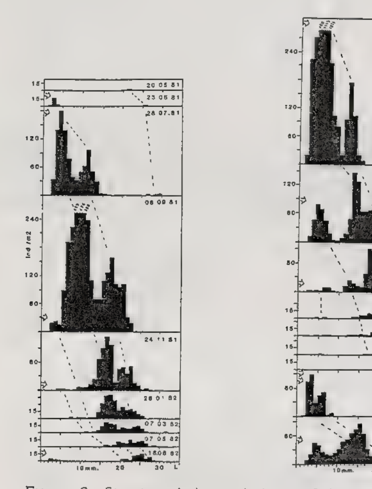


Figure 2.- Structure de la population de *Cultellus pellucidus* de mai 1981 à septembre 1983, dans le peuplement des sables fins envasés de la Baie de Seine : nombre d'individus sur 1 m² et longueur de la coquille en mm.

- fin mai à début juin : premier recrutement;
- juillet : second recrutement, le plus important en effectif, il s'ajoute au premier pour donner le grand pic annuel de la courbe de densité (Fig. 1);
- fin août à début septembre : troisième recrutement de moindre importance;
- fin septembre à octobre : dernier recrutement constitué de quelques individus ne formant pas une cohorte bien individualisée vis à vis de l'échantillonnage réalisé.

Les deux premières cohortes représentent plus de 95 % des individus recrutés sur une année et subissent un taux de mortalité très élevé durant les deux premiers mois. Ces deux cohortes principales peuvent être reconnues pendant plus d'un an, permettant d'établir un premier bilan sur la croissance en taille de *C. pellucidus*.

c) Croissance.

La croissance apparait forte jusqu'à l'automne (de 0,1 à 0,2 mm. par jour) puis ralentie durant l'hiver elle reprend au printemps suivant pour aboutir, après un chevauchement des cohortes, à une taille moyenne de 28 à 30 mm. pour une durée de vie moyenne de 18 à 24 mois. La taille maximale relevée (33 mm.) est légèrement supérieure à celle observée en Mer du Nord (30 à 31 mm. : RACHOR et SALZWEDEL, 1975) mais inférieure au maximum donné par TEBBLE (1966) : 38 mm.

Dynamique de population de *Tellina fabula* :

a) Densité :

Cette espèce commune sur les côtes depuis la Norvège jusqu'au Maroc atlantique (TEBBLE, 1966) est classée au 14ème rang d'abondance dans le peuplement . Elle ne présente pas d'importantes fluctuations au cours du suivi, les variations saisonnières du cycle annuel de densité étant réduites avec un maximum marqué en été.

b) Structure démographique :

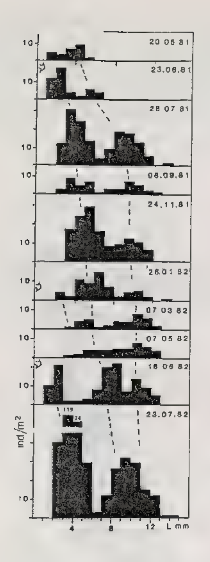
Les histogrammes de fréquence de taille ont presque tous une allure polymodale (Fig.3) avec individualisation de deux ou trois phases de recrutement (sur maille 1 mm.) au cours du suivi:

- fin mai à début juin : premier recrutement régulier et important (90 % des individus recrutés pendant 1 an);
- août : recrutement de faible intensité, reconnu seulement en 1982;
- décembre à janvier : recrutement de faible intensité , plus ou moins bien individualisé.

c) Croissance :

La croissance de chaque cohorte ne peut pas être suivie pour des longueurs supérieures à 12 mm. SALZWEDEL (1979) a montré que *T. fabula* s'enfonce dans le sédiment au fur et à mesure de sa croissance. La benne SMITH-MAC INTYRE ne prélevant correctement que sur une profondeur de 5 à 7 cm (DAUVIN, 1984) ne permet pas d'échantillonner les plus grands exemplaires.

La cohorte principale observée en 1981, 1982 et 1983 montre une croissance forte jusqu'à la fin de l'été (longueur de 5 à 7 mm.), puis un ralentissement de la croissance en automne et en hiver avec une reprise au second printemps pour aboutir aux tailles limites échantillonnées (longueur maximale observée : 15,5 mm).



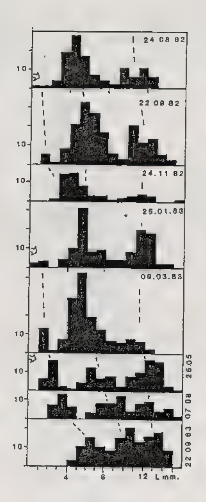


Figure 3.- Structure de la population de *Tellina fabula,* de mai 1981 à septembre 1983, dans le peuplement des sables fins envasés de la Baie de Seine :nombre d'individus sur 1 m² et longueur de la coquille en mm.

DISCUSSION

Le groupe des Mollusques Bivalves homogène quant à son comportement trophique (filtration des particules en suspension ou à l'interface eau-sédiment) joue un rôle important dans le fonctionnement du peuplement étudié surtout par l'abondance numérique d'un petit nombre d'espèces.

Quatre espèces constantes sont classées parmi les 15 premières du peuplement par ordre d'abondance : *Mysella bidentata,* espèce de petite taille pouvant être commensale, dont la dynamique sera examinée ultérieurement; *Abra alba,* qui a fait l'objet d'une étude comparative sur ses caractéristiques au long de la Manche (DAUVIN et al., ce volume); *Cultellus pellucidus* et *Tellina fabula* dont les structures démographiques ont pu être établies.

C. pellucidus présente des variations numériques saisonnières fortes et rapides au cours du suivi; cette particularité répétitive fait que, selon la date des prélèvements, l'espèce semble montrer d'importantes fluctuations pluriannuelles (BOYSEN-JENSEN, 1919). Elle présente ainsi une stratégie démographique proche de celle de l'Annélide *Pectinaria koreni* abondante dans ce

peuplement (IRLINGER, 1985, GENTILet al., 1986), ou même d'*Abra alba*, connue comme espèce opportuniste ou pionnière (DAUVIN et al., ce volume).

En relation avec une longévité courte pour un Bivalve (2 à 3 ans), la croissance de *C. pellucidus* est très rapide la première année, en accord avec les données de la Mer du Nord (RACHOR et SALZWEDEL, 1975). Les faibles densités observées dans le German Bight ne permettent pas d'affirmer si cette population plus nordique ne présente qu'un seul recrutement (en été) par rapport aux trois ou quatre reconnus en Baie de Seine.

LEBOUR (1938) indique pour la région de Plymouth l'existence d'individus fécondables en septembre-octobre avec la présence de larves dans le plancton entre novembre et janvier. Il reste donc à définir pour la Baie de Seine les phases de maturation gonadique et de ponte afin de préciser le cycle biologique de cette espèce peu étudiée.

T. fabula malgré des densités assez faibles (associées à un phénomène d'enfouissement des individus les plus âgés) a pu être étudiée pour des tailles inférieures à 12 mm. Globalement les données recueillies s'accordent mieux avec les populations du German Bight (RACHOR et SALZWEDEL, 1975; SALZWEDEL, 1979) qu'avec celles des côtes du Pays de Galles (WITHERS, 1977; WARWICK et al., 1978), d'Ecosse (STEPHEN, 1932) ou du Danemark (MUUS, 1973). Pour la Baie de Seine, l'étude des phases de maturation gonadique et de ponte devra permettre de préciser le cycle biologique et de confirmer l'existence d'un recrutement hivernal.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre du Groupe de Recherches Coordonnées "Manche" du CNRS (programme de recherches pluridisciplinaires "Baie de Seine" : contrats CNEXO 81/6534 et 82/6915, CNRS ATP 9/83/38). L'auteur remercie J.C. DAUVIN pour la lecture critique du manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

ALLEN G.P., GUILLAUD J.F., AVOINE, J., 1977. SAUM estuaire de la Seine. Bilan des connaissances sur le milieu marin. Dossier n°1, MEBS/MABN/CNEXO Ed., 173 p.

AVOINE, J., 1981.- L'estuaire de la Seine : sédiments et dynamique sédimentaire. Thèse 3ème cycle Géologie, Univ. Caen, 236 p.

AVOINE, J. CREVEL, L., 1986.- Influence des apports fluviatiles en Baie de Seine. Colloque CNRS-GRECO Manche "Baie de Seine", 24-26 avril 1985, Caen, Actes de Colloques IFREMER (sous presse).

BOYSEN JENSEN, P., 1919.- Valuation of the Limfjord.I. Studies on the fish-food in the Limfjord 1909-1917, its quantity, variation and annual production. *Rep. dan. biol. Station*, 26, 1-45.

DAUVIN, J.C., 1984.- Dynamique d'écosystèmes macrobenthiques des fonds sédimentaires de la Baie de Morlaix et leur perturbation par des hydrocarbures de l'Amoco Cadix. Thèse Doct. Etat, Univ. Paris 6, 468 p.

DAUVIN, J.C., GENTIL, F., IRLINGER, J.P., ELKAIM, B., 1985.- Eléments de synthèse sur la Biologie et la dynamique du bivalbe *Abra alba* dans la Manche. Haliotis, 15, (sous presse).

GENTIL, F., 1976.- Distribution des peuplements benthiques en baie de Seine. Thèse 3ème cycle. Univ. Paris 6, 70 p.

GENTIL, F., IRLINGER, J.P., ELKAIM, B., PRONIEWSKI, F., 1986.- Premières données sur la dynamique du peuplement macrobenthique des sables fins envasés à *Abra alba* de la Baie de Seine orientale. Colloque CNRS-GRECO Manche "Baie de Seine", 24-26 avril 1985, Caen, Actes de Colloques IFREMER (sous presse).

IRLINGER, J.P., 1985.- Dynamique du peuplement macrobenthique des sables fins envasés de la Baie de Seine orientale. Thèse 3ème cycle Ecologie, Univ. Paris 6, 286 p.

LEBOUR, M.V., 1938.- Notes on the breeding of some lamellibranbchs from Plymouth and their larvae. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, *23*, 119-145.

MUUS, K., 1973.- Settling, growth and mortality of young bivalves in the Øresund. *Ophelia*, *12*, 79-116.

PETERSEN, C.G.J., 1913.- Valuation of the sea.II. The animal communities of the sea bottom and their importance for marine zoogeography. *Rep. dan. biol. Station*, 21, 1-44.

RACHOR E., SALZWEDEL, H., 1975.- Studies on population dynamics and productivity of some bivalves in the German Bight. In : Proc. 10th E.M.B.S., 17-23 sept.1975, Ostend, Belgium, PERSOONE G., JASPERS E. Ed., 575-588

SALZWEDEL, H., 1979.- Reproduction, growth, mortality, and variations in abundance and biomass of *Tellina fabula* (Bivalvia) in the German Bight in 1975/76. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven*, 18, 111-202.

STEPHEN, A.C., 1932.- Notes on the biology of some Lamellibranchs in the Clyde area. *J. mar.biol. Ass. U.K.*, 28, 51-68.

TEBBLE, N., 1966.- British bivalve seashells. British Museum (Nat. Hist.), London, 212 p.

THORSON, G., 1957.- Bottom communities (sublittoral and shallow shelf). In : Treatise on marine ecology and paleocology, HEDGPETH J.W. Ed., *Geolog. Soc. Amer. Mem.* , 67, 1, 461-534.

WARWICK, R.M., GEORGE, C.L., DAVIES , J.R., 1978.- Annual macrofauna production in a *Venus* community. *Estuar. coastal mar. Sci.*, *7*, 215-241.

WITHERS, R.G., 1977.- Soft-shore macrobenthos along the south-west coast of Wales. *Estuar. coastal mar. Sci.*, 5, 467-484.

******

V I^{ème} C O N G R E S

de la

S O C I E T E F R A N C A I S E D E M A L A C O L O G I E

T H E M E I V

"E L E V A G E - A Q U A C U L T U R E"

* * * * *

Haliotis, 15, 1986
p. 145 à 151

UNE TECHNIQUE D'ALIMENTATION APPLIQUEE A ONZE ESPECES FRANCAISES DE MOLLUSQUES *ZONITIDAE* : RESULTATS ET COMMENTAIRES

par

B. DIDIER[1] et D. RONDELAUD[1, 2]

Equipe de Malacologie Appliquée
1 – U.E.R. des Sciences Exactes et Naturelles ,
123, Avenue Albert Thomas - 87060 LIMOGES
2 – Faculté de Médecine et de Pharmacie ,
2, rue du Docteur Raymond Marcland - 87025 LIMOGES

ABSTRACT.

A feeding technique applied to eleven French species of zonitid snails : results and comments.

A new feeding technique using vegetable and blood bait was applied to eleven French species of the family *Zonitidae*.

Positive results were obtained with *Aegopinella epipedostoma* (Fagot), *A. nitidula* (Drap.), *Nesovitrea hammonis* (Ström), *Oxychilus cantabricus* (West.), *O. cellarius* (Müller), *O. draparnaudi* (Beck), *O. navarricus* (Bourg.), *Vitrea crystallina* (Müller) and *V. narbonensis* (Clessin).

Fecundity and growth rate have been significantly increased in these nine species. Adult snails were obtained within 4 to 6 months after hatching. This time varies according to the species, but, in all cases, was very shorter than in natural conditions.

The fecundity of *Retinella incerta* (Drap.) and *Zonites algirus* (L.) increased when the snails were fed with this bait. No significant effect was observed on juvenile growth.

RESUME.

Une nouvelle technique d'élevage utilisant un aliment composé a été appliquée à onze espèces françaises de la famille des Zonitidés.

Des résultats positifs ont été obtenus avec *Aegopinella epipedostoma* (Fagot), *A. nitidula* (Drap.), *Nesovitrea hammonis* (Ström), *Oxychilus cantabricus* (West.), *O. cellarius* (Müller), *O. draparnaudi* (Beck), *O. navarricus* (Bourg.), *Vitrea crystallina* (Müller) et *V. narbonensis* (Clessin)

Chez ces neuf espèces, le taux de fécondité et la vitesse de croissance des jeunes ont augmenté de façon significative. Des adultes ont été obtenus dans un délai de 4 à 6 mois après la naissance. Ce délai varie selon l'espèce, mais dans tous les cas, il est nettement inférieur à celui observé sur le terrain.

La fécondité de *Retinella incerta* (Drap.) et de *Zonites algirus* (L.) est augmentée par la consommation de cet aliment. Par contre celle-ci n'a pas entraîné d'effets significatifs sur la croissance des juvéniles.

INTRODUCTION.

De précédentes recherches sur l'emploi d'un aliment composé comme nourriture quotidienne de *Zonitoides nitidus* (Müller) ont permis de mettre en évidence une augmentation des pontes et une croissance plus rapide chez ce Mollusque (Didier et Rondelaud, 1983).

D'autres espèces de Zonitidés ayant montré leur efficacité dans la lutte biologique (Rondelaud, 1977), nous avons tenté d'appliquer notre technique d'élevage à un éventail de genres susceptibles d'être utilisés pour le contrôle de *Lymnaea truncatula* (Müller) dans plusieurs régions de France.

MATERIEL ET METHODES.

Matériel animal.

Les Mollusques ont été récoltés dans trois zones géographiques différentes :

- La première zone s'étend sur les départements de l'Indre, de la Vienne et de la Haute-Vienne. Dans cette zone, nous avons récolté les espèces suivantes : *Aegopinella nitidula* (Drap.), *Nesovitrea hammonis* (Ström), *Oxychilus cellarius* (Müller), O. *draparnaudi* (Beck), *Vitrea crystallina* (Müller).

- Les départements de l'Ariège et des Hautes-Pyrénées forment la deuxième zone. Les espèces y ont été récoltées d'après les indications de Riedel (1970) : *Aegopinella epipedostoma* (Fagot), *Oxychilus cantabricus* (West.), O. *navarricus* (Bourg.), *Retinella incerta* (Drap.), *Vitrea narbonensis* (Clessin).

- La dernière espèce, *Zonites algirus* (L.), a été récoltée dans les environs du Bousquet d'Orb, près de Bédarieux (Hérault) et sur les berges de l'étang de Berre à Istres (Bouches-du-Rhône). Tous les individus prélevés mesuraient plus de 3cm de diamètre.

Quatre-vingt individus par espèce ont été prélevés à la fin du mois de mai dans les localités d'origine pour les dix premières espèces. Nous nous sommes limités à 60 individus pour *Zonites* avec des prélèvements sur deux années successives (1982-1983).

Tous les individus étaient au stade adulte lors de leur récolte.

Protocole d'étude.

Les Mollusques récoltés sur le terrain sont transportés en conteneur isotherme au laboratoire. Ils y sont maintenus pendant sept jours dans des bacs d'élevage à Limnées tronquées (Rondelaud, 1974). Ils sont nourris avec un mélange de feuilles mortes, de salade et de limnées fraîchement tuées.

Les individus de chaque espèce sont répartis en deux lots d'importance égale :

- Un lot témoin nourri avec des Limnées tronquées de 4 à 10 mm de hauteur. Ces limnées sont tuées et présentées aussitôt aux divers Zonitidés.

- Un lot expérimental nourri avec un appât de pêche commercialisé sous le nom de "noquettes au sang" (Huileries de Beauce). Cet appât de pêche est constitué d'un amalgame de farines de céréales, d'huiles végétales et de sang lyophilisé.

Chaque individu est isolé dans une boîte d' élevage. Ces boîtes sont cubiques avec une arête de 8 cm pour *Retinella* et pour *Zonites* ; pour les neuf autres espèces, il s'agit de boîtes de Pétri de 10 cm de diamètre. Le fond de ces récipients est garni sur une épaisseur de 0,5 à 1 cm par du sédiment provenant de la localité où chaque espèce a été récoltée.

L'expérimentation se déroule pendant 90 jours au laboratoire dans les conditions suivantes : température moyenne de 20° C ($\pm$ 1° C), humidité relative de 70 %, éclairement naturel avec une intensité lumineuse légèrement atténuée par rapport à celle du milieu extérieur.

Après chaque ponte, le Mollusque adulte est changé de boîte. Les boîtes contenant les pontes sont placées en nursery, dans les mêmes conditions physiques.

Après l'éclosion, les jeunes du lot expérimental sont nourris avec des fragments de "noquettes" et ceux du lot témoin avec de jeunes limnées fraîchement tuées. Ils sont séparés

une semaine plus tard et placés par groupes de cinq individus dans des boîtes de Pétri de 5 cm de diamètre jusqu'à leur 21ème jour de vie. A partir de cette date, ils sont isolés un par un jusqu'au stade adulte.

Le diamètre de la coquille de ces jeunes est mesuré toutes les semaines à d'aide d'un palmer.

A l'exception des boîtes contenant les pontes, le sédiment des récipients d'élevage est renouvelé une fois par semaine.

Paramètres expérimentaux.

Sept paramètres sont mesurés : (a) le nombre total des oeufs pondus par chaque adulte, (b) le nombre de pontes déposées par chaque individu, (c) le nombre d'oeufs par ponte, (d) l'intervalle de temps entre deux pontes successives, (e) le taux de natalité, (f) le taux de survie au bout du premier mois suivant et (g) l'indice de croissance.

Les taux de natalité et de survie ont déjà été définis dans une note antérieure (Didier et Rondelaud, 1983).

L'indice de croissance correspond à l'accroissement moyen de la coquille en sept jours de vie. Cet indice n'a été calculé que pour les douze premières semaines suivant l'éclosion.

les valeurs de cinq paramètres ont été traitées par l'analyse statistique : les valeurs correspondant à un même paramètre sont réduites à leur moyenne pour chaque lot et les moyennes sont comparées par le test t de Student.

RESULTATS

Chez ces onze espèces, la période des pontes dure 10 semaines environ.

Le nombre total des oeufs pondus par chaque adulte (tabl .I).

Toutes les espèces ont montré un accroissement significatif du nombre d'oeufs pondus chez les individus nourris avec des "noquettes" par rapport aux valeurs des témoins.

La valeur de cet accroissement est comprise entre 1,5 et 2,9 fois chez neuf espèces avec une valeur maximale dans le cas d'*O. draparnaudi*. Chez *R. incerta* et *Z. algirus*, le nombre d'oeufs pondus par chaque individu ne s'est accru que de 1,1 fois.

Le nombre de pontes déposées par chaque individu (tabl. I).

Le nombre de pontes par individu est accru chez toutes les espèces au profit du lot expérimental. Cet accroissement est significatif dans le cas de dix espèces. Chez *R. incerta*, le test t n'a pu être appliqué.

Les Mollusques des lots expérimentaux ont fourni en moyenne 1 ponte supplémentaire par individu (*A. epipedostoma, A. nitidula, N. hammonis*), ou encore de 1,6 à 2,6 pontes dans le genre *Oxychilus* selon l'espèce. Chez les quatre autres espèces, l'accroissement est plus faible: 0,7 ponte en moyenne chez *V. crystallina* et *V. narbonensis*, 0,4 pour *R. incerta* et 0,2 pour *Z. algirus*.

Le nombre d'oeufs par ponte (tabl. I).

A l'exception d'*A. epipedostoma* et de *R. incerta*, les lots expérimentaux des autres espèces ont montré un accroissement significatif du nombre d'oeufs par ponte par rapport

Espèces	Nombre d'oeufs par individu	Nombre de pontes par individu	Nombre d'oeufs par ponte
Aegopinella epipedostoma	18,2 ± 6,4) *11,8 ± 2,8*) S**	3,6 ± 0,9) *2,6 ± 0,5*) S**	5,0 ± 2,8) *4,5 ± 3,2*) NS
Aegopinella nitidula	19,4 ± 5,3) *10,2 ± 4,1*) S**	3,7 ± 0,7) *2,5 ± 0,3*) S**	5,1 ± 1,9) *4,1 ± 2,7*) S**
Nesovitrea hammonis	29,1 ± 7,1) *17,3 ± 3,8*) S**	4,7 ± 1,0) *3,6 ± 1,7*) S**	6,1 ± 1,2) *5,1 ± 1,3*) S**
Oxychilus cantabricus	31,3 ± 7,4) *16,7 ± 3,9*) S**	5,3 ± 0,9) *3,7 ± 0,3*) S**	6,4 ± 2,9) *5,1 ± 1,1*) S**
Oxychilus cellarius	34,9 ± 9.5) *18,4 ± 2,0*) S**	5,5 ± 1,1) *3,4 ± 0,5*) S**	6,3 ± 3,4) *5,4 ± 3,1*) S*
Oxychilus draparnaudi	58,1 ± 8,2) S** *20,0 ± 5,6*)	6,4 ± 0,5) *3,8 ± 0,6*) S**	9,1 ± 4,4) *7,3 ± 4,3*) S*
Oxychilus navarricus	35,2 ± 10,3) *21,2 ± 6,1*) S**	5,7 ± 0,7) *3,1 ± 0,4*) S**	6,5 ± 2,3) *5,2 ± 3,1*) S*
Retinella incerta	22,2 ± 5,9) *19,5 ± 4,9*) S*	1,4 ± 0,5 *1,0*	15,8 ± 4,5) *19,5 ± 4,9*) S**
Vitrea crystallina	44,5 ± 13,6) *18,8 ± 12,6)* S**	3,3 ± 1,9) *2,6 ± 1,1*) S*	13,4 ± 6,4) *7,2 ± 4,7*) S**
Vitrea narbonensis	41,3 ± 12,6) *23,7 ± 10,1)* S**	3,2 ± 1,4) *2,5 ± 0,9*) S**	12,7 ± 4,2) *8,1 ± 3,1*) S**
Zonites algirus	19,0 ± 2,1) *17,0 ± 3,2*) S**	1,2 ± 0,3) *1,0 ± 0,2*) S**	17,0 ± 1,3) *16,0 ± 2,1*) S*

TABLEAU I

Les caractéristiques des pontes avec indication des valeurs moyennes et des écarts-types pour trois paramètres.

Pour chaque espèce, les résultats de la première ligne (en écriture normale) correspondent à ceux du lot expérimental et ceux de la 2ème ligne (en italique) à ceux du lot témoin.

Abréviations. Différence non significative (NS), ou significative au seuil de 0,05 (S*), au seuil de 0,01 (S**)

aux valeurs des lots témoins.

Cet accroissement est remarquable dans le genre *Vitrea* avec 6,2 oeufs supplémentaires chez *V. crystallina* et 4,6 oeufs chez *V. narbonensis*. La valeur de l'accroissement est plus faible pour les genres *Aegopinella, Nesovitrea, Oxychilus* et *Zonites* : entre 0,5 et 1,7 oeufs par ponte.

Le lot expérimental de *R. incerta* a présenté une chute dans le nombre d'oeufs par ponte (3,7 oeufs en moyenne) par rapport au nombre observé dans le lot témoin.

L'intervalle de temps entre deux pontes successives (résultats non représentés).

Cet intervalle de temps est toujours diminué dans le lot expérimental par rapport au chiffre du lot temoin. La durée de cet intervalle varie selon l'espèce de Mollusque considérée.

Le taux de natalité (tabl.II).

L'augmentation du taux de natalité présente des fluctuations selon l'espèce du Mollusque. Ce taux est augmenté fortement chez les quatre espèces d'*Oxychilus* et chez *N. hammonis* (de 77 à 97 %), plus faiblement chez les espèces d' *Aegopinella* et de *Vitrea* (de 61 à 83%) et encore plus faiblement chez *R. incerta* et *Z. algirus* (de 36 à 56 %).

A l'exception du genre *Vitrea* , le lot expérimental des neuf autres espèces a présenté un taux de natalité plus élevé que celui du lot témoin. L'écart observé va de 4,8 % pour *Z. algirus* à plus de 18 % chez les espèces d'*Aegopinella*. Chez les deux espèces de *Vitrea*, on observe un écart de 5 à 8 % au profit du lot témoin.

Le taux de survie au but du premier mois de vie (tabl.II).

La survie des jeunes à la fin du premier mois de vie est plus importante dans les lots experimentaux d'*A. nitidula*, de *N. hammonis*, des quatre espèces d'*Oxychilus* et des deux espèces de *Vitrea* que chez les témoins. L'écart atteint 26 à 30 % dans le genre *Oxychilus*; il est plus faible chez les autres espèces (de 9 à 15 %).

Chez les trois autres espèces, le taux de survie est approximativement constant, quel que soit le lot. Le taux de survie est élevé chez *R. incerta* et chez *Z. algirus* : entre 91 et 96 %. Il n'est que de 75 % environ pour *A. epipedostoma*.

L'indice de croissance (tabl.II).

La différence entre les valeurs moyennes des indices est significative chez neuf espèces, la vitesse de croissance du lot expérimental étant pratiquement le double de celle du lot témoin. Cette différence entre les indices des deux lots n'est pas significative pour *R. incerta* et pour *Z. algirus*.

N. hammonis et les deux espèces de *Vitrea* mettent 12 ou 13 semaines pour atteindre la limite maximale de taille lorsqu'elles sont nourries avec des "noquettes". En présence de limnées, l'intervalle de temps est de 22 à 28 semaines. Ces deux durées sont nettement inférieures à celles relevées sur le terrain : 11 à 13 mois (résultats non représentés).

Les espèces d'*Oxychilus* et d'*Aegopinella* présentent des durées de vie plus élevées que celles des trois premières espèces : de 20 à 23 semaines pour les lots nourris avec des "noquettes", de 41 à 46 semaines pour ceux nourris avec des limnées, et de 20 à 26 mois pour les colonies dans le milieu naturel (résultats non représentés).

Espèce	Taux de natalité (%)	Taux de survie au bout d'un mois (%)	Indice de croissance (mm)	
Aegopinella epipedostoma	79,1 *61*	75,6 *74,2*	0,44 ± 0,12 *0,24 ± 0,09*	S**
Aegopinella nitidula	83,2 *65,7*	83,4 *74,5*	0,37 ± 0,13 *0,21 ± 0,14*	S**
Nesovitrea hammonis	95,1 *81,4*	77,1 *63,2*	0,14 ± 0,04 *0,08 ± 0,02*	S**
Oxychilus cantabricus	91,2 *85,5*	95,3 *69*	0,43 ± 0,11 *0,21 ± 0,07*	S**
Oxychilus cellarius	89,6 *77*	93,2 *63,7*	0,45 ± 0,11 *0,21 ± 0,11*	S**
Oxychilus draparnaudi	97,2 *90,1*	96 *64,5*	0,48 ± 0,17 *0,23 ± 0,11*	S**
Oxychilus navarricus	93,2 *87,4*	89,3 *52,3*	0,45 ± 0,14 *0,21 ± 0,13*	S**
Retinella incerta	56,3 *48,2*	91 *93,4*	0,75 ± 0,53 *0,67 ± 0,62*	NS
Vitrea crystallina	71,3 *76,3*	86,5 *75,8*	0,12 ± 0,05 *0,06 ± 0,04*	S**
Vitrea narbonensis	65,2 *78,3*	90,5 *73,3*	0,11 ± 0,05 *0,06 ± 0,03*	S**
Zonites algirus	41,5 *36,7*	96,5 *92,8*	1,36 ± 0,85 *1,39 ± 0,95*	NS

TABLEAU II

Les valeurs des trois derniers paramètres chez les onze espèces de Zonitidés.
Les valeurs moyennes et les écarts-types ont été indiqués pour les indices de croissance.

Pour chaque espèce, les résultats de la première ligne (en écriture normale) correspondent à ceux du lot expérimental et ceux de la deuxième ligne (en italique) à ceux du lot témoin.

Abréviations : Différence non significative (NS), ou significative au seuil de 0,01 (S**).

DISCUSSION.

Les résultats montrent qu'une alimentation à base de "noquettes" permet un accroissement du nombre des pontes chez les onze espèces. Excepté chez *R. incerta* et chez *Z. algirus*, la nourriture provoque une croissance plus rapide des jeunes et permet d'obtenir des adultes en quatre fois moins de temps que dans les conditions naturelles.

Cet aliment du commerce permet d'envisager l'élevage de certaines espèces de Zonitidés à des fins commerciales afin de répondre à la demande des éleveurs qui voudraient appliquer le contrôle biologique sur les populations de Limnées tronquées dans leurs exploitations agricoles.

Notre expérimentation a montré l'existence de variations dans le taux de natalité chez ces onze espèces, et même entre les lots témoin et expérimental de chaque espèce. Nous considérons que ces fluctuations entre les lots ne peuvent être directement rattachées au type d'alimentation des Mollusques. Il est plus logique de penser que les facteurs à l'origine de ces variations concernent les conditions physiques de l'élevage qui seraient différentes de celles des habitats naturels où vivent ces Mollusques, ou encore seraient liées à l'espèce même de ces Zonitidés. Le faible taux de natalité observé chez *R. incerta* et chez *Z. algirus* a été également retrouvé sur le terrain : cela nécessite des études ultérieures chez ces deux espèces pour déterminer la nature des facteurs qui limitent le taux de natalité.

Le type de nourriture proposé aux jeunes de *R. incerta* et de *Z. algirus* n'a pas entraîné d'effets significatifs sur leur croissance entre les deux types de lots. Nous expliquons ces résultats par le régime particulier de ces deux espèces, ces dernières se révélant comme des omnivores avec une préférence pour la nourriture végétale. Malgré la "malacophagie passive" constatée chez ces espèces par l'un de nous (Rondelaud, 1977), des recherches complémentaires sont à prévoir pour déterminer la nature exacte du régime alimentaire chez les juvéniles et chez les adultes de ces deux espèces.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

DIDIER, B., RONDELAUD, D., 1983. Les effets d'un aliment composé sur la fécondité et la croissance de *Zonitoides nitidus* Müller. *Haliotis, 13,* 25-28.

RIEDEL, A., 1970. Beitrag zur Kenntnis der *Zonitidae* (*Gastropoda*) der französischen Pyrenäen. *Fragm. Faun., 15,* 379-399.

RONDELAUD, D., 1974. Recherches sur l'influence de quelques facteurs physiques sur les migrations quotidiennes de *Galba truncatula* Müller. *Ann. Parasitol. Hum. Comp., 49,* 417-425.

RONDELAUD, D., 1977. Les aptitudes malacophages de quelques Mollusques *Zonitidae* et leur intérêt dans le contrôle biologique de *Lymnaea* (*Galba*) *truncatula* Müller. *Ann. Parasitol. Hum. Comp., 53,* 411-420.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 153 à 161

CONTRIBUTION A L'AMELIORATION DE LA CULTURE DES NAISSAINS DE PALOURDES JAPONAISES (*RUDITAPES PHILIPPINARUM* A & R) : RECHAUFFEMENT HIVERNAL DE L'EAU ET APPOINT DE NOURRITURES

par
Gilles-Arnaud PORTERES
Laboratoire de Biologie et Biochimie marines
IUT - 17026 LA ROCHELLE - Cedex

ABSTRACT : Contribution to the improvement of the spat-breeding of the clam Ruditapes philippinarum A & R : water warming-up in winter and supply of additional food.

The influence of two parameters was studied on experimental rearing of japanese short-neck spat :

- the rise of the water temperature during winter and its following consequence on the growth in spring;
- the supply of additional food : industrial yeast.

Three temperatures were tested (ambiant, 10,5°C and 12,5°C) during winter, because of their reasonable compatibility with economical requirements.

We have to distinguish the growth performances at the end of the winter season from those measured during spring.

After the up-warming period, the growth was improved similarly at 10,5°C and 12,5°C. Beyond it, the best results were found on spat reared at the temperature of 12,5°C during winter.

The effect on growth of addition of yeast in water is weak at 10,5°C, but strong at 12,5°C. In this late case, the weight increase of clams reached in spring 109 % of that obtained without food supply and warming-up.

Mots-clés : Bivalves, Palourde, prégrossissement, hiver, température, levures.

Key-Words : Bivalves, Ruditapes, nursery culturing, winter, temperature, yeast.

INTRODUCTION.

Le prégrossissement des naissains de palourdes dans les pays tempérés se heurte aux problèmes d'arrêt de croissance hivernal. Une telle interruption, préjudiciable pour les éleveurs peut retarder le cycle de production. Quand le système de culture le permet, notamment en nurserie, il est possible d'améliorer les conditions ambiantes hivernales en réchauffant l'eau d'élevage et en offrant des nourritures d'appoint. (Héral et al, 1982). L'eau souterraine salée (eau de forage) a une température variant de 13 à 15°C selon le site et la profondeur de ce forage. Le réchauffement de l'eau ambiante peut se faire soit par échange thermique (IFREMER Bouin) soit par simple mélange (AMF Marennes) suivant les caractéristiques physico-chimiques de cette eau de forage et les possibilités d'investissements des exploitants.

L'approvisionnement en nourritures peut se faire par cultures d'algues en eau réchauffée (Bouin), par amendement dans des circuits de claires (Marennes) ou par apport de nourritures: des algues (cultures ou séchées), des produits organiques (revue par De Pauw, 1981), des levures (Epifanio, 1979), des microcapsules (Gabott et al, 1975; Langdon et Siegfried, 1984; Neil et Wisely,1984).

Dans le présent travail, nous avons effectué un prégrossissement de naissains de palourdes japonaises en période hivernale. Trois gammes de température d'eau ont été testées, chacune avec un apport de levures de boulangerie industrielle du type Protibel.

MATERIELS et METHODES.

Dispositif d'élevage (figure 1).

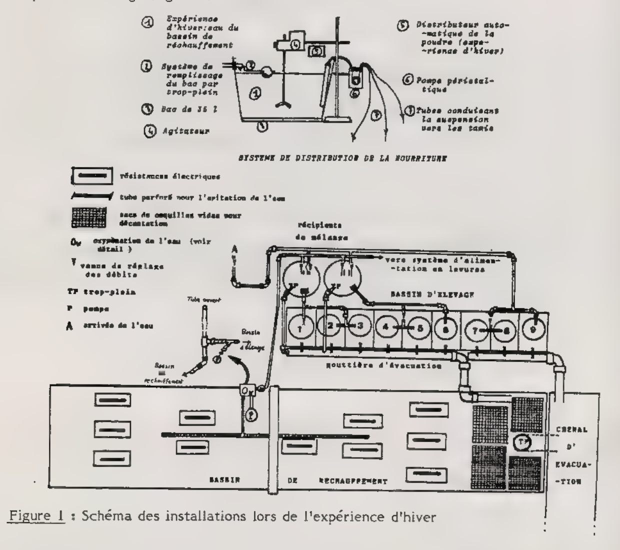


Figure 1 : Schéma des installations lors de l'expérience d'hiver

Nous disposons de deux bassins, un bassin d'élevage et un bassin de réchauffement au sein d'une entreprise privée, AMF près de Marennes. Le bassin d'élevage comporte neuf compartiments, trois par température. Chacun est équipé d'un tamis de culture. L'écoulement de l'eau est inversé par rapport au système upwelling utilisé habituellement dans les nurseries, ceci pour permettre l'écoulement de la nourriture additionnelle.

La température du bassin de réchauffement est maintenue à 15°C ± 0,5°C à l'aide d'une eau de forage. Le dosage respectif des débits des deux sources d'eau, eau de réchauffement et eau de claire de réserve, permet d'obtenir les gammes suivantes de températures :

- 12,5 $\pm$ 1,1° C (12,8°C pour l'ensemble de la période d'élevage)
- 10,5 $\pm$ 1,1° C (11°C sur l'ensemble de l'étude)
- 8,5 $\pm$ 1,1° C (eau ambiante, 9°7 C sur l'ensemble de l'étude).

Pour les besoins spécifiques de l'entreprise, quand la température ambiante descendait en dessous de 6°C, un apport d'eau de forage était déversé dans la claire de réserve. Les conditions d'élevage ont été les suivantes : 5.500 naissains de taille initiale 4,5 mm sont disposés dans des tamis de diamètre croissant au cours de l'étude. Un entretien de l'élevage est effectué tous les deux jours. Les débits sont de 130 $\pm$ 25 litres par heure et par tamis. La période de chauffage a duré trois mois (janvier à mars). Pendant le dernier mois de culture, tous les lots étaient élevés dans les mêmes conditions hydrologiques (eau de réserve). Aucun tamisage n'a été effectué au cours de l'expérience.

La levure industrielle de boulangerie, qui se présente sous la forme d'une poudre est utilisée selon le système de distribution schématisé sur la figure 1.
La ration est de trois grammes par jour et par lot. La suspension est changée tous les deux jours, lors d'un entretien d'élevage, afin d'éviter toute prolifération bactérienne.

Un prélèvement d'animaux est effectué tous les 25 jours, trois échantillons de 50 naissains par lot. La longueur de la coquille est mesurée au pied à coulisse au 10ème de millimètre. Après mise à jeûner pendant 24 heures, on note le poids sec entier (24 h à 80°C), le poids de cendres (24 h à 550°C).

Les paramètres physiques et chimiques de l'eau sont suivis dans chaque cas : température, salinité, débit tous les deux jours, teneur en oxygène dissous tous les quinze jours. Ce dernier paramètre mesuré en amont et en aval des tamis donne une image de la consommation d'oxygène par le lot de naissains.

RESULTATS

1 - Les paramètres physico-chimiques :

Température : (figure 2 - tableau 1).

Les températures présentées représentent la moyenne entre les valeurs maximale diurne et minimale nocturne. La température ambiante a varié du mois de décembre à avril entre 6,5°C et 10°C.

Les gammes de température, malgré les variations à l'intérieur de chacune d'elles, sont significativement différentes (Test F; $F (2/61) = 16{,}9$; $p < 0{,}001$).

Salinité : (figure 2 - tableau 1).

La salinité s'est maintenue à un niveau moyen de 28 ‰, sauf début février où elle est voisine de 20 %.

Oxygène : (figure 3 - tableau 1)

Au cours de l'étude, la teneur en oxygène a varié autour de 9,5 $mg.l^{-1}$ dans l'eau de

Tableau 1 : Donnees de température, salinité et concentration en oxygène dissous (mg.l^{-1})

	Température			Salinité	Concentration en oxygène mg.l^{-1}		
Date	Lots 1 à 3	Lots 4 à 6	Lots 7 à 9	Tous lots	Lots 1 à 3	Lots 4 à 6	Lots 7 à 9
28.12	12,9	11,3	9,2	27,8	9,0	9,5	9,8
29.12	11,9	10,3	8,5	27,8			
2.01	12,8	10,7	7,9	27,8			
5.01	9,7	8,7	6.8	28,0			
9.01	11,3	9,4	6.8	28,0			
12.01	12,5	9,9	7,2	28,1	6,5	7,7	9,0
16.01	13,4	10,7	8,9	28,5			
23.01	14,2	11,4	9,6	26,1	8.6	9,4	
27.01	11,6	9,2	7,4	25,2			
30.01	13,0	10,9	8.7	22,8	9,3	9,5	9,5
3.02	11,9	9,8	8,3	21,5			
6.02	12,5	10'5	9,5	22,4			
13.02	11,6	8,6	6,9	20,4	7,7	7,8	8.7
20.02	13,2	11,6	9,5	28,5	8,4	8,7	13,1
27.02	11,0	10,0	6,5	30,0	5,0	6,1	8,8
2.03	13,0	10,7	8.8	28,5			
6.03	13,4	12,2	9,1	28,2	9,8	10,9	15,0
12.03	11,4	10,0	8,4	29,0	7,4	8,4	13,7
16.03	14,0	12,0	10,1	28.0			
19.03	13,7	12,4	10,1	27,8			
27.03	13,4	11,8	10,0	16,8	6,5	6,5	7,7
1.04		12,1		27,0			
3.04		9,9		27,5			
6.04		13,2		27,8			
9.04		12,2		28,0			
12.04		11,5		28,2		7,9	
15.04		13.4					
18.04		14.2		29.0		8.0	
21.04		15.4					
23.04		19.0					
27.04		18,4					
1.05		15,5					

Tableau 2 : Croissance en taille et en poids organique sec

	Croissance en taille et erreur type (mm)					
Date / Lot	24.12	18.01	12.02	08.03	02.04	27.04
1	4,47 0,07	4,97 0,07	6,3 0,13	7,6 0,14	9,4 0,21	11,14 0,34
2	4,47 0,07	5,0 0,08	6,6 0,11	7,9 0,13	10,1 0,1	12,75 0,3
3	4,47 0,07	4,96 0,09	6,4 0,12	7,3 0,17	8,9 0,18	11,56 0,36
4	4,47 0,07	5,18 0,09	6,3 0,14	8,0 0,13	9,5 0,17	11,28 0,29
5	4.47 0,07	5,25 0,08	6,4 0,1	7,8 0,11	9,6 0,17	11,62 0.28
6	4.47 0,07	5,33 0,09	6,6 0,11	7,9 0,14	9,6 0,17	10,98 0,26
7	4,47 0,07	4,98 0,08	5,7 0,08	6,5 0,11	8,2 0,13	10,12 0,22
8	4,47 0,07	5,08 0,08	5,7 0,1	7,0 0,11	8.6 0,14	9,87 0,28
9	4,47 0,07	5,13 0,08	5,9 0,08	6,7 0,16	8,3 0,14	10,16 0,25

	Croissance en poids sec organique et erreur type (mg)					
Lot	24.12	18.01	12.02	08.03	02.44	27 04
1	4,7 0,2	8,3 0,36	14,8 0,7	25,5 1,2	44,7 2,4	81,1 6,17
2	4,7 0,2	8,7 0,37	16,7 0,65	27,9 1,3	57,6 2,2	118,9 6,8
3	4,7 0,2	8,1 0,36	13,9 0,7	23,1 1,1	39,2 1,9	87,6 6,0
4	4,7 0,2	9,1 0,46	15,6 0,6	29,4 1,1	47,2 2,0	75,1 4,3
5	4,7 0,2	9,7 0,37	16,2 0.65	26,6 0.9	50,5 2.2	81,6 4.9
6	4,7 0,2	10,0 0,5	17,5 0,8	29,0 1,2	47,8 1,8	78,6 5,0
7	4,7 0,2	8,8 0,35	12,4 0,54	17,6 0,7	32,4 1.2	57,98 2,9
8	4,7 0,2	9,0 0,4	12,6 0,54	21,3 0,86	35,7 1,3	58,2 3.8
9	4,7 0,2	9,2 0,35	12,7 0,46	19,4 0,85	34,2 1,4	62,25 3,6

réserve. Deux pics de concentration sont observés fin-février et début-mars (13 $mg.l^{-1}$). L'eau ambiante a une concentration significativement plus élevée que l'eau réchauffée (F (1/22) - 7,8; $p < 0{,}001$).

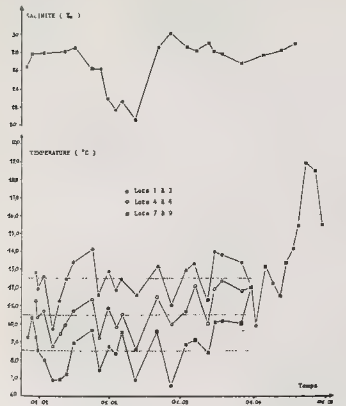


Figure 2 : Evolution de la température et de la salinité dans les différents lots au cours de l'étude.

Figure 3 : Concentration en oxygène dissous (MG.L-1) et consommation (MG par heure et par gramme de masse organique sèche) aux trois températures d'élevage.

2. La mortalité.

Elle est pratiquement nulle pendant toute l'étude. Les individus morts sont des palourdes dont la coquille ne comporte pas de première bande claire de croissance au moment de la mise en élevage.

3. La croissance en taille (tableau 2 et figure 4)

A l'issue des 4 mois d'expérience (mois d'hivernage en eau réchauffée et reprise printanière) les différences de taille sont significatives entre les lots élevés en milieu réchauffé, 10,5° C ou 12,5° C, vis à vis des témoins en eau ambiante. (Test de comparaison de moyenne : d/S_d respectivement de 3,3 et de 4,3; $0{,}001 < p < 0{,}01$). Cette différence n'apparait qu'après un mois et demi d'élevage (mi février).

On peut également noter qu'en plein hiver, le gain de taille était même à l'avantage des palourdes élevées à 10,5° C vis à vis de celles à 12,5° C.

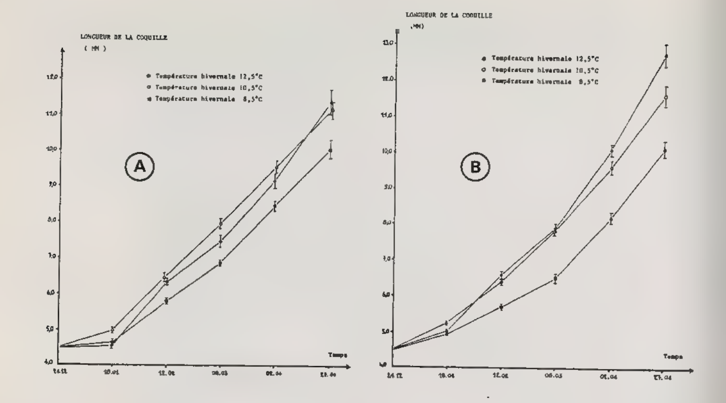


Figure 4 : Evolution de la longueur de la coquille (mm) des palourdes au cours de l'étude
A - lots sans levures
B - lots avec levures.

L'apport de levures améliore la croissance en taille au dessus d'un certain seuil de température situé entre 8,5° C et 10,5° C. L'effet le plus net est à 12,5°C. A cette température, le pourcentage de gain de taille est de 16,9 % sans apport et de 33,7 % avec, par rapport aux naissains placés en conditions ambiantes.

4. La croissance en poids sec organique : (tableau 2, figure 5).

A l'issue de la période de réchauffement, un avantage significatif du poids individuel moyen est relevé chez les lots à 10,5 et à 12,5° C vis à vis des témoins en eau ambiante (d/S_d respectivement de 4,3 et 4,1; $p<0{,}001$). L'accroissement de poids est de 42,2 % à 10,5° C et de 38,3 % à 12,5° C par rapport aux naissains en conditions ambiantes. Dans le mois suivant, en conditions hydrologiques identiques, les palourdes placées antérieurement à 12,5° C réalisent une meilleure croissance que ceux à 10,5°C (12,3 mg de plus en moyenne).

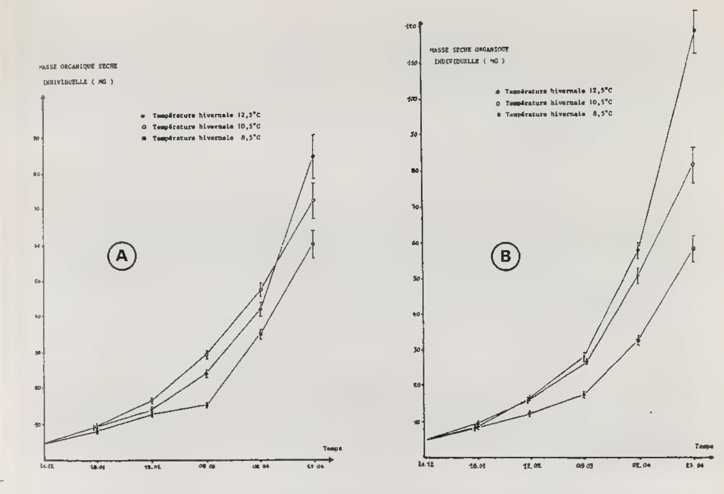


Figure 5 : Evolution de la masse sèche organique individuelle des paloudes (mg) au cours de l'étude. - A : lots sans levures - B - lots avec levures

L'effet bénéfique de l'apport de levures est spectaculairement net a posteriori lors du dernier mois d'élevage chez les palourdes placées antérieurement à 12,5°C : 43 % d'accroissement par rapport à leurs témoins directs mais surtout 109 % par rapport aux naissains en conditions ambiantes sans apport de levures.

5. La consommation d'oxygène (figure 5).

La consommation en oxygène est mesurée pour les trois groupes de lots soumis aux trois températures différentes. Dans tous les cas elle suit grosso modo l'évolution de la concentration dans les différents milieux, notamment une importante baisse fin-février. Les consommations sont significativement différentes aux trois températures d'élevage (test F; F (2/74) = 3,1; $p < 0,01$). Aucun effet de l'apport de levures sur la consommation d'oxygène n'a pu être décelé.

DISCUSSION.

Le recyclage partiel de l'eau réchauffée a amené une diminution de la concentration en oxygène dissous et peut-être de celle en particules nutritives. Même si cela était le cas, l'élévation de la température de l'eau d'élevage à 10,5°C ou à 12,5° C a provoqué une meilleure croissance en taille et en poids qu'en eau ambiante. Le gain de taille, pendant la période hivernale proprement

dite est de 2,3 mm en eau de réserve ambiante, mais rappelons que la température n'y est jamais descendue en dessous de 6,5°C (apport d'eau de forage dans la claire pour les besoins spécifiques de l'entreprise). Un prégrossissement printanier optimal amène de jeunes naissains de 3,5 à 10-12mm en 3 à 4 mois (de Valence et Peyre, 1981).
Après 4 mois de culture, nous avons obtenu un accroissement de taille de 5,5 mm (minimum en eau ambiante) à 8,3 mm (maximum, 12,5°C hivernal, levures).
De même, dans des conditions analogues de culture (taille initiale, rapport densité par diamètre de tamis et densité par débit d'eau), nous avions obtenu un accroissement de 5,1 mm après 3 mois de culture printanière (Portères, 1982).
La température optimale de culture de la palourde japonaise se situe entre 18 et 25° C (Anonyme, 1983). Aussi, on peut s'attendre à ce qu'en augmentant la température et en conditions nutritionnelles non limitantes les performances de croissance soient encore améliorées.
Dans cette étude, nous observons plusieurs phénomènes :

- Pendant la période de réchauffement, les palourdes à 10,5°C se développent mieux qu'à 12,5°C. Les animaux semblent trouver à 10,5°C un meilleur compromis entre la température, la quantité et la qualité de nourriture existant dans le milieu expérimental. Les naissains élevés à 12,5°C développent un métabolisme plus important, comme en témoigne l'élévation de la consommation d'oxygène. Cette augmentation de la dépense énergétique des besoins métaboliques se fait au détriment de la croissance pondérale, indiquant que la quantité de nourritures est limitée (Bodoy et *al.*, 1986).

- A partir de la mi-mars, période qui correspond à la reprise printanière et du bloom phytoplanctonique, ce sont les palourdes placées antérieurement à 12,5°C qui profitent le mieux des conditions favorables; elles se montrent en quelque sorte mieux préparées à utiliser la richesse nutritive du milieu naturel.

Dans les lots en conditions ambiantes, complémentés ou non, il semble que la température soit trop basse pendant les 3 premiers mois pour une quelconque croissance, puisque, dans le même temps, les naissains en eau réchauffée se développent.

Lucas (1978) observe que la croissance des naissains de palourdes peut être réduite en dessous de 6 à 7°C. D'autre part, Almada-Villela et *al.*(1982) montre, dans le cas de *Mytilus edulis*, et en conditions nutritives non limitantes, que quand la température d'élevage varie entre deux valeurs (cas étudiés : 3-8°C, 10-15° C) la croissance est en général intermédiaire entre celles observées aux températures minimale et maximale constantes. Néanmoins, dans le cas de température fluctuant entre 3 et 8°C, la croissance n'est pas jugée significativement différente, par l'auteur, de celle obtenue à 3° C constant. Dans notre cas, la température ambiante varie entre 6,5 et 10°C pendant l'hiver. Les palourdes y vivant semblent calquer leur activité sur la plus basse tempéra-re et ne croissent que très peu.

La prise en compte de l'apport en levures dans la croissance augmente au cours de l'étude, surtout dans les lots placés à 12,5°C. Dans le même temps, la nourriture phytoplanctonique prend une importance croissante dans le milieu. Epifanio (1979) observe la meilleure utilisation de la levure dans un régime constitué d'algues et de levures en proportions égales. Dans notre cas,

Il ne peut s'agir de problèmes de digestibilité, dans la mesure où le produit proposé a ses parois détruites. Il semble qu'au fur et à mesure de l'apparition de phytoplancton, la concentration en certains éléments indispensables à la croissance augmente, levant ainsi les carences alimentaires des levures. Nous pensons notamment à certains acides gras essentiels (acides gras polyinsaturés) qui ne sont pas présents dans les levures.

BIBLIOGRAPHIE.

ALMADA-VILLELA, P.C., DAVENPORT, J. et GRUFFYDD, L.D., 1982. The effects of temperature on the shell growth of young *Mytilus edulis* L. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 59 : 275-283.

ANONYME 1983. Fiches biotechniques d'Aquaculture : la Palourde. CNEXO et ISTPM - 81 p.

BODOY, A., MAITRE-ALLAIN, T. et RIVA, A., 1986. Vie et Milieu (sous presse).

CLAUS, C., 1981. Trends in nursery rearing of bivalve molluscs. Nursery culturing of bivalves molluscs. EMS n° 7 : 1-33.

DE PAUW, N., 1981. Use and production of microalgae as food for nursery bivalves. Nursery culturing of bivalve molluscs. EMS n° 7 : 35-69.

DE VALENCE, P. et PEYRE, R., 1981. Note de vulgarisation et d'information : L'élevage de la palourde en Charente-Maritime. Rapport ADACO, 53 p.

EPIFANIO, C.E., 1979. Comparison of yeast algal diets for bivalve molluscs. Aquaculture, 16 : 187-192.

GABOTT, P.A., JONES,S.A. et NICHOLS, D.H., 1975. Studies on the design and acceptability of micro-encapsulated diets for marine particle feeders II Bivalve Molluscs. Proc. 10è European Symp. Mar. Biol. Ostend, B., Sept 17-23, 1975 - Vol. 1 : 127-141.

HERAL, M., DESLOUS-PAOLI, J.M., GARNIER, J., PRIOUL, D., HEURTEBISE, S. et RAZET, D., 1982. Facteurs contrôlant la croissance de *Ruditapes philippinarum* dans 4 nurseries de production en Charente Maritime (France). Note au C.I.E.M., F. : 27.

LANGDON, C.J. et SIEGFRIED, C.A., 1984. Prospects in the development of artificial diets for bivalve filter feeders. Aquaculture, 39 : 135-153.

LUCAS, A., 1977. Culture of the Manila clam *Venerupis semidecussata* R. from hatchery reared spat. Actes et Colloques CNEXO. 4 : 317-330.

LUCAS, A., 1978. Croissance de jeunes palourdes (*Venerupis semidecussata*) en nurserie et en mer en fonction des conditions d'élevage. Publi. Sci. Tech. CNEXO. Actes et Colloques 7 : 84-104.

NELL, J.A. et WISELY, B., 1985. Experimental feeding of Sydney rock oysters (*Saccostrea commercialis*) II Protein supplementation of artifical diets for adult oysters. Aquaculture, 32 :1-9.

PORTERES, G.A., 1982. Contribution à l'amélioration de l'élevage des naissains de palourdes japonaises : Croissance et nutrition. D.E.A. Poitiers, 49 p.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 163 à 171

CROISSANCE DE *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* (LMK) SUR FILIERES EN MER OUVERTE EN MEDITERRANEE NORD-OCCIDENTALE

par
PARACHE A. et MASSÉ H.
Centre d'Oceanologie de Marseille, Station Marine d'Endoume, 13007 Marseille, France.

ABSTRACT. Growth of *Mytilus galloprovincialis* (Lmk) on line culture off north-west Mediterraean coast.

Growth and production capacity of *Mytilus galloprovincialis* LMK have been studied on several batches of mussel seeds (length : 20-30 mm), submerged between 7 to 10 m from august 1983 to july 1984.

The linear growth has been studied from size distribution analysis and the results adjusted to von Bertalanffy model. The growth rate was high with a slight decrease in winter. The spat which settled in spring 1983 reached the commercial size (45-50 mm) at the end of october and the size of 80 mm within 18 months. The weight increment is high from the middle of winter to summer when the tissue weight reached its highest value.

The study of relationships between mussel growth and hydrobiological conditions revealed the dominent influence of the particulate protein content and of the degraded particulate organic matter on linear growth. The production of tissues is lincked with the nature (detritic, alive and inert) and the nutritional quality (food-value) of the seston.

KEY WORDS : North-western mediterranean sea, *Mytilus galloprovincialis*, growth, subtidal, environmental conditions.

RESUME.

La croissance et la capacité de production de *Mytilus galloprovincialis*LMK ont été étudiées sur des lots de moules prégrossies (longueur comprise entre 20 et 30 mm) immergées entre 7 et 10 m de profondeur d'août 1983 à juillet 1984.

La croissance linéaire a été étudiée à partir de l'analyse des histogrammes de distributions des tailles et les résultats ajustés au modèle de von Bertalanffy. L'accroissement linéaire a été élevé avec un léger ralentissement en hiver. Le naissain capté au printemps 1983 atteint la taille commerciale (45-50 mm) à la fin d'octobre et celle de 80 mm en 18 mois. L'accroissement pondéral est important du milieu de l'hiver à l'été au cours duquel le poids des tissus atteint sa plus haute valeur.

L'étude des relations entre la croissance des moules et l'hydrobiologie du site révèle l'influence dominante des particules protéiques et de la fraction organique dégradée sur la croissance linéaire. La production de tissus est liée à la nature et à la valeur nutritive du seston.

MOTS CLEFS : Méditerranée Nord-Occidentale, *Mytilus galloprovincialis*, croissance, subtidal, conditions de milieu.

INTRODUCTION.

Secteur économique important (BONNET et TROADEC, 1986) la conchyliculture française présente depuis quelques années un bilan déficitaire de sa balance commerciale. Cette tendance est en particulier liée à l'insuffisance de la production des moules pour lesquelles, selon les années, près de la moitié de la consommation est importée, malgré un accroissement significatif de la production depuis 1970.

Pour inverser cette tendance, deux objectifs sont poursuivis, d'une part, l'extension des surfaces d'élevage à de nouveaux sites, d'autre part la réduction des coûts de production. Traditionnellement, estuaires et lagunes constituent des zones propices à l'extension des concessions d'élevage en tenant compte de trois critères fondamentaux : un mode relativement calme, une capacité biotique élevée, un niveau de pollution chimique et bactérienne acceptable. Ce dernier facteur devient hélas plus difficile à satisfaire en raison du développement industriel et touristique sur le littoral. C'est pourquoi l'on se tourne aujourd'hui de plus en plus vers le développement de nouvelles techniques de culture en mer ouverte, jusqu'à des profondeurs de 20 à 25 m, en Méditerranée notamment (RAIMBAULT, 1984).

Dans ce contexte, le Conseil Régional de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur nous a proposé de suivre la croissance de *Mytilus galloprovincialis* sur le site protégé du Parc Régional marin de la Côte Bleue.

Notre étude comporte trois volets, une estimation de la capacité biotique du site, un suivi de la croissance en longueur et en poids des moules, un essai d'identification des facteurs hydrobiologiques susceptibles d'expliquer les variations saisonnières de la croissance des moules.

MATERIEL ET METHODES.

Le Parc marin de la Côte Bleue est situé au Sud-Est du golfe de Fos, à environ 25 km à l'ouest de l'agglomération de Marseille (Fig.1)

Il s'agit d'une zone de mer ouverte localisée au Sud d'une côte rocheuse : les fonds sont largement occupés par un herbieer de *Posidonia oceanica* relativement dense.

Le dispositif expérimental utilisé est ancré à - 15 m de profondeur (figure 2). Quatorze lots de moules provenant de la zone de captage de Carteau (golfe de Fos) ont été immergés le 8 août 1983. Chaque lot comprend entre 300 et 400 individus placés dans des filets tubulaires en plastique fixés sur une corde de 1 mètre de long. Il s'agit de naissain prégrossi (demi-moule) dont l'essentiel de l'effectif a une taille comprise entre 20 et 30 mm. Les observations sont effectuées suivant un rythme mensuel d'août 1983 à juillet 1984. Elles consistent, d'une part, en un prélèvement d'eau qui sera traité selon le protocole du tableau Ia, d'autre part, au retrait d'un lot de moules qui sera analysé selon le protocole du tableau I b

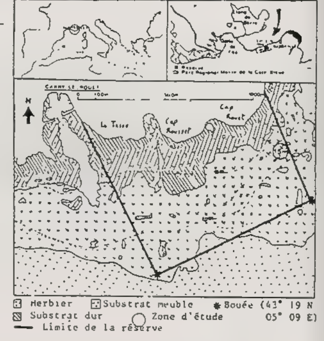


Figure 1 - Situation géographique

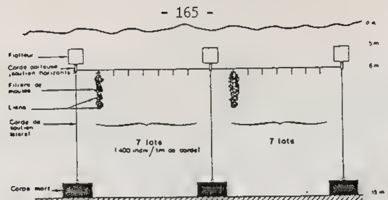


Figure 2 - Dispositif expérimental utilisé.

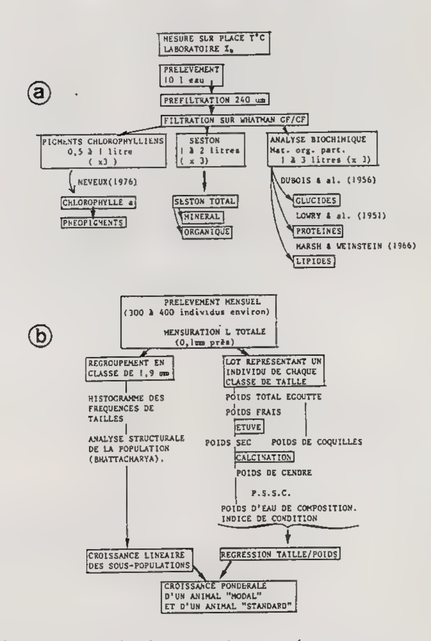


Tableau I - a) Protocole pour l'estimation de la capacité biotique d'un site

b) Protocole pour l'estimation des potentialités de croissance des moules.

RESULTATS.

Les conditions de milieu.

La circulation générale des masses d'eau du courant liguro-provençal se fait d'Est en Ouest, toutefois elle est sous le contrôle direct du régime des vents, ce qui se traduit par une grande instabilité de la couche superficielle où se déroule notre expérience.

La température moyenne au cours du cycle a été de 16°C, elle a varié entre 10,5° en février et 22°C en juillet. La valeur moyenne de la salinité a été de 36‰, le cycle d'observation a été marqué par une chute des valeurs en fin d'hiver (33,1 ‰ en février 1984).

La couche superficielle baignant les élevages est caractérisée par des charges moyennes en seston de 5,9 mg/l et une faible biomasse chlorophyllienne moyenne, puisque la concentration en pigments chlorophylliens n'est en moyenne que de 0,4 µg/l. Aucune floraison phytoplanctonique importante n'a été observée au cours du cycle, sans doute en raison du pas d'échantillonnage mensuel. Le seston total en suspension est caractérisé par une fraction inorganique relativement élevée, en moyenne 63,5 %. Les teneurs en chlorophylle a et en phéopigments sont fortement corrélées (r = 0,864, significatif au seuil de 99 %). Ceci semble indiquer, mis à part lors de la forte dessalure observée en février 1984, qu'en général, les phéopigments sont issus d'une dégradation sur place du matériel particulaire vivant. Le rapport Chlorophylle a sur la somme des pigments chlorophylliens, exprimé en pourcentage, représentatif de la fraction vivante phytoplanctonique (chlorophylle a "active"), reste faible; il oscille entre 28,7 en été et 53,4 en automne.

L'analyse des principaux constituants biochimiques de la matière organique particulaire montre une alternance de la dominance entre protéines (printemps, automne) et glucides (hiver, été) alors que les lipides restent à un niveau plus modeste, n'excédant pas 16 % du total des constituants analysés. A souligner que les glucides et protéines particulaires représentent un pourcentage annuel moyen comparable.

La somme des trois constituants biochimiques, considérée comme représentative de la nourriture potentielle disponible (WIDDOWS et al., 1979), présente une valeur moyenne de 108 µg/l. Les pics saisonniers sont printanier et automnal. Ce dernier présente la plus forte proportion de matériel dégradé, reflétée par des rapports "protéines/chl a" et "glucides/chl a" élevés, et une forte teneur en cendres du matériel particulaire.

Globalement, la nourriture disponible ainsi définie reste faible puisqu'elle ne constitue que 5,5 % du poids du seston organique et seulement 1,8 % de celui du seston total.

En résumé, la capacité biotique du site semble peu importante, les valeurs des principaux paramètres considérés sont comparables à celles observées par DELMAS (1980) et KIM (1980) respectivement pour les eaux oligotrophes du golfe de Marseille et dans les parages de Carry-le-Rouet.

La croissance des moules.

L'analyse biométrique mensuelle a permis de construire des histogrammes représentant la distribution des fréquences de taille et de suivre ainsi leur évolution au cours du cycle d'observation. Aucun captage important n'a été observé à cette profondeur sur les lots en elevage ni

sur le dispositif expérimental. L'analyse des histogrammes a été abordée par la méthode de décomposition de BHATTACHARYA (1967). Malgré une structure relativement simple à l'origine de l'expérience, on assiste rapidement à un étalement des distributions (figure 3) qui reflète une importante variabilité individuelle des taux de croissance, à l'intérieur de chaque lot mis en élevage. Lorsque l'on suit l'évolution linéaire du mode dominant, représentant de 25 à 50% de l'effectif total d'un lot (fig. 3 et 4 A) on observe une croissance linéaire rapide puisque dès la fin octobre la taille commerciale de 45 mm est atteinte, soit un accroissement mensuel moyen de 7,4 mm. A la fin du cycle d'observation, 50 % des individus mis en élevage dépassent 70 mm de long. Globalement la croissance est régulière et l'on ne note pas d'arrêt saisonnier marqué mais seulement un ralentissement en février et en avril.

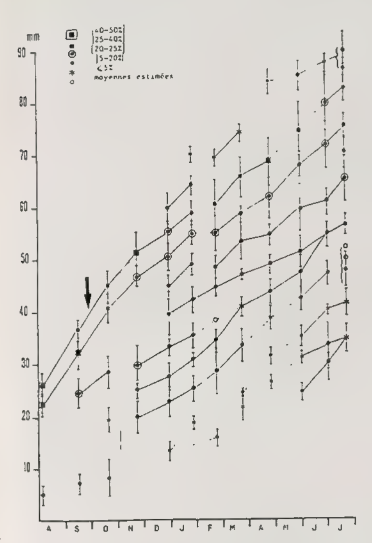


Figure 3 - Evolution des groupes de taille identifiés par la méthode de Bhattacharya. La classe modale dominante (→) est choisie comme sous-population représentative du lot mis en élevage.

En utilisant la méthode de FORD-WALFORD, nous avons ajusté les données observées au modèle de von BERTALANFFY (1938) tel qu'il est formulé par FABENS (1965), avec une taille initiale de 0,3 mm (d'après nos observations sur le captage du naissain à Carteau) :

$$Lt = 131,23 - 130,93\, e^{-0,0634\, t}$$

avec Lt en mm, et t en année.

La longueur asymptotique de 131,23mm est vraisemblable et serait approchée en 4 ans environ. Le naissain capté au printemps est prégrossi en 3-4 mois.

La figure 4 regroupe différentes estimations de la croissance pondérale. L'évolution du poids d'un animal standard de 52 mm de long (Figure 4 D), dont l'effort de reproduction est en général important (PARACHE, 1984), montre que les conditions de milieu, de l'automne à l'hiver, sont peu favorables sur ce site; l'évolution des poids de chair des animaux représentatifs de la classe modale dominante le confirme (fig. 4 B et C). Par contre, en avril et mai 1984, la chute du poids sec sans cendre (fig. 4 D) peut être interprétée comme une emission gamétogénétique de faible amplitude, d'après ce que l'on sait du cycle de reproduction de l'espèce en Méditerranée Nord-Occidentale (LUBET et al.,1981, PARACHE, 1985). De même, l'évolution des indices de conditions choisis (fig. 4 E)

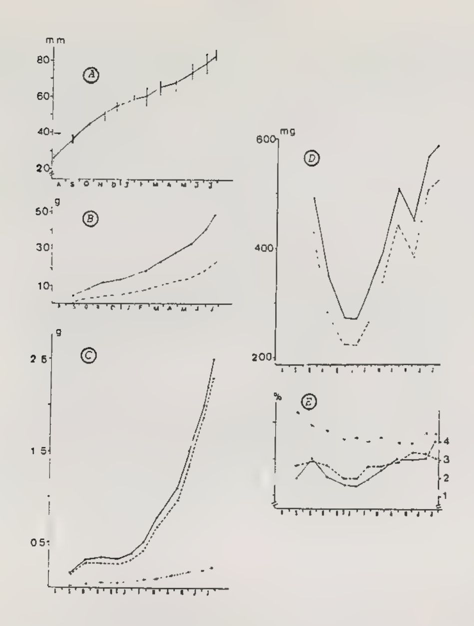


Figure 4 A, B et C : Evolution d'un individu représentatif de la classe modale dominante : taille (A), poids total (B——) poids des valves (B---), de la chair sèche (C——), sèche sans cendre (C---)) et des cendres (C""").

4 D et E : Evolution d'un animal standard de 52 mm de long: poids sec (D——), sec sans cendre (D---)) et indice de condition E (—— Beukéma & De Bruin), (-- Imaï & Sakaï), (""" coquille/poids total)

montre une décroissance à partir de l'automne et un minimum hivernal en janvier 1984. D'un point de vue strictement commercial, ce phénomène est défavorable, car l'indice est le plus faible au moment de la période traditionnelle de commercialisation.

D'une manière générale, la quantité de chair produite est peu importante. En effet, si l'on considère la composition moyenne des individus représentatifs de la classe modale dominante au cours du cycle, on observe que la chair sèche représente seulement 8 % du poids total contre 33 % d'eau et 59 % de coquille. A noter que ce dernier chiffre décroît régulièrement de septembre 1983 à mai 1984, ce qui traduit une certaine fragilité de la coquille de ces moules en suspension entre 6 et 8 m de profondeur.

Les relations entre le milieu et la croissance des moules.

Les études relatives à la capacité de production d'un site reposent sur l'identification de quelques descripteurs des conditions hydrobiologiques susceptibles d'expliquer la croissance des mollusques. Aussi, avons nous cherché, au moyen d'une analyse de régression multiple "pas à pas", à établir des relations linéaires entre les conditions de milieu observées au cours du cycle et la croissance des moules (figures 3 et 4).

Cette technique permet de sélectionner un certain nombre de variables explicatives en éliminant, au moyen d'un test F, celles dont la variance extraite n'entraîne pas un gain significatif de variance expliquée.

Ainsi, l'accroissement linéaire dL/dt (mm/ j) de l'animal modal est expliqué par la teneur en phéopigment et celle en protéine du matériel particulaire :

dL/dt = 0,114 (phéop) + 0,001 (prot.) + 0,0325

avec un coefficient de corrélation multiple de 0,866 (soit un coefficient de détermination de 75 %). En ce qui concerne la production de chair, aucun descripteur hydrobiologique n'a pu être significativement mis en évidence.

Nous avons également tenté une approche plus globale en considérant l'évolution saisonnière au lieu de l'évolution mensuelle. Pour ce faire, nous avons comparé les valeurs moyennes par saison, calculées à partir des données mensuelles, au moyen d'une matrice de corrélation linéaire de BRAVAIS et PEARSON (tableau II).

TABLEAU II : Corrélations observées entre les descripteurs hydrobiologiques et les accroissements linéaires et pondéraux de *Mytilus galloprovincialis* mesurés à l'échelle saisonnière.
L'étoile (*) reflète un seuil de significativité de 95 % du coefficient de corrélation son absence un seuil de 90 %. Les abréviations dLm et dWcoq désignent respectivement les accroissements saisonniers linéaire (mm/j) et pondéral de la coquille (mg/j) d'un animal modal, I.C. l'indice de condition de BEUKEMA et DE BRUIN (1977); dLj et dWj respectivement les accroissements linéaire et pondéral de la chair sèche (mg/J) d'un animal juvénile de moins de 25 mm de long; dWs et dWos les accroissements pondéraux de la chair sèche et sèche sans cendre d'un animal standard de 52 mm de long.

Milieu / Moule	T°	S%	Seston total	Seston minéral	Seston organique	Phéo-pigment	P/Chla
DLm	0,953*		0,941	0,949*	0,911		
dWcoq						0,908	
I.C.						0,997 *	
dLj	0,936	0,992*					
dWj						0,954*	
dWs							- 0,981*
dWos							- 0,976*

D'après ce tableau, on peut penser que la croissance linéaire est favorable lors du réchauffement des eaux. Les basses salinités étant liées à la période hivernale, il n'est pas étonnant de trouver une relation entre la salinité (r - 0,961* avec la température) et la croissance linéaire

des jeunes individus. La charge sestonique, d'une manière générale, semble favorable, à la croissance linéaire saisonnière ce qui ne surprend pas dans une zone oligotrophe où la charge sestonique est faible en moyenne. A noter que celle-ci est bien corrélée avec la température (r = 0,940).

Enfin, les phéopigments semblent dans ce site, où la biomasse chlorophylienne est faible, un bon indicateur de la capacité biotique puisqu'ils semblent liés à l'accroissement pondéral saisonnier de la coquille des individus de la classe modale dominante et à l'indice de condition, ainsi qu'à l'accroissement pondéral des jeunes individus.

En résumé, la capacité biotique du site étudié est médiocre. Malgré un pas d'échantillonnage trop large et l'absence de courantologie, l'étude hydrobiologique révèle, d'une part, la faible quantité de seston disponible, d'autre part, sa valeur nutritive insuffisante. Ce dernier point est attesté par les basses teneurs en matière organique particulaire (MOP), par l'importance de la fraction dégradée et non vivante, par la faible teneur moyenne des composants biochimiques fondamentaux (protéines, glucides et lipides de la MOP). Ceci est particulièrement net si l'on compare nos données à celles de HERAL et al. (1980) pour le bassin de Marennes-Oléron.

Cette situation conduit à une bonne croissance linéaire mais à un faible gain en poids de la chair. Ainsi, entre décembre 1983 et juillet 1984, le poids de coquille s'accroit de 5 g/mois, celui des tissus secs seulement de 0,3 g/mois. La croissance linéaire de la coquille serait favorisée en raison de la localisation des moules immergées en permanence, et à l'abri de toutes perturbations hydrodynamiques importantes, par rapport à des gisements naturels sur les rochers en Méditerranée (PARACHE, 1985).

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'Office Régional de la Mer et les responsables du Parc Régional marin pour leur collaboration et le Conseil Régional pour son aide financière.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

BERTALANFFY, L., von, 1938. A quantitative theory on organic growth. *Human. Biol.*, 10 : 181-213

BEUKEMA et DE BRUIN, 1977. Seasonal changes in dry weight and chemical composition of soft parts of the tellinid *Macoma balthica* in the Dutch Wadden Sea. *Netherl. J. Sea Res.*,11(1): 42-55

BHATTACHARYA, C.G., 1967. A simple method of resolution of a distribution into gaussian components. *Biometrics*, 23 : 115-135.

BONNET, M. et TROADEC, J.P., 1986. La conchyliculture en France. Importance économique, aléas et contraintes, axes de recherches privilégiés. *Séminaire international de conchyliculture, La Rochelle*, 4 - 9 mars 1985 - IFREMER ed., sous presse.

DELMAS, D., 1980. Matière organique de sédiments lagunaires (Etang de Berre). Etude des glucides en tant qu'indicateurs de l'origine et de l'évolution de la matière organique. *Téthys*, 9 (3): 279-284.

DUBOIS, M., GILLES, K.A., HAMILTON, J.K., REBERS, P.A. & SMITH, F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28 : 350-356.

FABENS, A.J., 1965. Properties and fitting of the von Bertalanffy growth curve. *Growth*, 29 : 265-283

HERAL, M., RAZET, D., MAESTRINI, S. & GARNIER, J., 1980. Composition de la matière organique particulaire dans les eaux du bassin de Marennes-Oléron. Apport énergétique pour la nutrition de l'huitre. *Cons. Int. Explor. Mer.* , *C.M. 1980/L, 44 : 1-14.*

KIM, K.T. , 1980. Contribution à l'étude de l'écosystème pélagique dans les parages de Carry-le-Rouet (Méditerranée Nord-Occidentale). 2-ATP, pigments phytoplanctoniques et poids sestonique. *Téthys*, 9 (3) : 215-233.

LOWRY, O.H., ROSENBROUGH, N.J., FARR, A.L. & RANDALL R.J., 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent.*J. Biol. Chem.*, 193 : 265-275.

LUBET, P., GIMAZANE, J.P. & PRUNUS, G., 1981. Etude du cycle de reproduction de *Mytilus galloprovincialis* (Lmk) (Mollusque, Lamellibranche) à la limite méridionale de son aire de répartition. Comparaison avec les autres secteurs de cette aire. *Haliotis*, 11 : 157-170.

MARSH, J.B. & WEINSTEIN, D., 1966. Simple charring method for determination of lipides. *J. Lipid. Res.* 7 : 574-576.

NEVEUX, J., 1976. Dosage de la chlorophylle a et de la phéophytine a par fluorimétrie. *Ann. Inst. Océanogr., Paris*, 52 (2) : 165 - 174.

PARACHE, A., 1984. Variations de l'effort de reproduction en fonction de l'âge des individus dans une moulière naturelle de *Mytilus galloprovincialis* (Lmk) en Méditerranée Nord-Occidentale. *Haliotis*, 14 : 25-31.

PARACHE, A., 1985. Contribution à l'étude de la croissance de *Mytilus edulis* var. *galloprovincialis*. Influence des conditions de milieu. Thèse Doct. Sciences, Océanologie, Univ. Aix-Marseille II. : 1-241 + Annexes.

RAIMBAULT, R., 1984. La conchyliculture en Méditerranée française. *Haliotis*, 14: 1-22.

WIDDOWS, J., FIETH, P & WORRAL, C.M., 1979. Relationships between seston, available food and feeding activity in the common mussel *Mytilus edulis*. *Mar. biol.*, 50 : 195-207.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 173 à 182

ETUDE COMPARATIVE DE DIFFERENTS INDICES DE CONDITION CHEZ L'HUITRE CREUSE (*CRASSOSTREA GIGAS*)

par

Alain BODOY*, Jean PROU* et Jean-Paul BERTHOME**

*Laboratoire IFREMER, B.P. 133, 17390 LA TREMBLADE
** IFREMER, Centre de Nantes, rue de l'Ile d'Yeu, 44037 NANTES CEDEX

ABSTRACT. A COMPARATIVE STUDY OF SEVERAL CONDITION INDICES FOR THE JAPANESE OYSTER, *CRASSOSTREA GIGAS*.

Among the different condition indices, some of them were compared on a population of the japanese oyster, *Crassostrea gigas*. The follow-up of experimental racks was performed monthly during four years. The use of dry weight in condition indices gave a more precise and more reliable representation for the condition of the oysters than the fresh weight. The sensitivity of these indices, which corresponds to their ability in revealing small changes in the physiological condition, was calculated for each indice. Those exhibiting the best sensitivity were ranked as follow: dry weight on the difference between total weight and shell weight, dry weight on intervalve volume. Other indices including the ratio between dry weight and various assessments of the volume (cube of the length, total volume, or products of length, width and thickness) and of the total weight, has a lower, but similar sensitivity. Some criteria for selecting a condition indice according to its scientific or economic use were given. They were based on characteristics such as sensitivity, accordance with the biological events, and easiness of determination.

RESUME.

La comparaison d'un certain nombre d'indices de condition proposés dans la littérature a été effectuée sur une population expérimentale de l'espèce *Crassostrea gigas*, suivie pendant quatre ans selon un rythme mensuel. De l'étude de ces différents indices, il ressort que l'emploi du poids sec permet d'obtenir une représentation plus précise et plus fiable de la condition des individus. La sensibilité de ces indices qui correspond à leur capacité à mettre en évidence de faibles fluctuations de l'état physiologique, a été calculée pour chaque formule. Les indices qui présentent la plus forte sensibilité sont constitués du rapport entre la quantité de chair et le volume disponible à l'intérieur de la coquille, calculé soit de manière indirecte, par pesée, soit de manière directe, par des mesures volumétriques. Puis viennent ensuite des indices constitués du rapport entre la quantité de chair et une mesure se rapportant au volume total (cube de la longueur, volume total, ou produit des trois dimensions) ou au poids total. Quelques critères de choix d'un indice de condition, basés sur leur sensibilité, leur concordance avec les phénomènes biologiques et leur facilité d'obtention, ont été proposés en fonction de la destination, scientifique ou économique, de ces indices.

MOTS-CLES : Indice de condition. Indice de qualité. Bivalve, *Crassostrea gigas*.

KEY-WORDS : condition index. Condition factor. Bivalve. *Crassostrea gigas*.

INTRODUCTION.

L'étude du cycle biologique d'une espèce a pour but de déterminer quels sont les phénomènes marquants survenant au cours de ce cycle, telles que la croissance ou la reproduction. Chez les mollusques des eaux tempérées, ces phenomènes sont généralement caractérisés par des fluctuations saisonnières dont les conséquences se font sentir sur la plupart des aspects de leur biologie et de leur

physiologie. Cette dépendance vis à vis des conditions d'environnement se traduira essentiellement par des variations de la quantité des tissus organiques présents, quantité correspondant à la "condition" de l'animal en question. L'emploi d'indices permettant d'évaluer cette condition est d'un usage courant dans les études concernant les populations exploitées (MANN, 1978; BERTHOME et al., 1979) ou bien lorsqu'il s'agit de suivre une évolution physiologique se traduisant par des fluctuations des réserves énergétiques, qu'il s'agisse d'engraissement ou d'amaigrissement (GABBOTT et WALKER, 1971).

La diversité des objectifs poursuivis a entraîné une prolifération des indices de condition, puisque pas moins de douze indices différents ont été proposés, si l'on s'en tient aux travaux de LAWRENCE et SCOTT (1982), de PHERNAMBUCQ et VROONLAND (1983) et de LUCAS et BENINGER (1985). Certains de ces indices ont été comparés entre eux par divers auteurs, parmi lesquels PHERNAMBUCQ et VROONLAND (1983), LUCAS et BENINGER (1985), MANN (1978) et ENGLE (1950). Cependant ces comparaisons ont généralement été effectuées soit sur le plan théorique, soit pour des indices calculés à une période donnée (NEUDECKER, 1980), mais rarement sur une durée permettant de suivre l'évolution de la condition d'une seule et même population, sur une ou plusieurs années (ASKEW, 1972; WHYTE et ENGLAR, 1982). D'autre part, si l'on désire choisir un indice de condition, la comparaison ne devrait pas se baser seulement sur des considérations concernant la fiabilité ou la facilité de détermination des paramètres biologiques utilisés dans le calcul de l'indice. Il est en effet nécessaire d'évaluer les sensibilités respectives de ces indices, ainsi que l'intensité de la liaison entre les fluctuations de la matière organique et celles de ces indices.

L'objet de cet article consiste à effectuer une mesure chiffrée de la sensibilité des indices de condition, à partir de l'évolution sur 4 ans d'une seule population, représentative des conditions d'élevage dans le bassin ostréicole de Marennes-Oléron et de proposer quelques critères de choix d'un indice en fonction de la nature des renseignements recherchés .

MATERIEL ET METHODES.

Les indices présentés dans cette étude ne concernent que des indices dits statiques, selon la classification établie par LUCAS et BENINGER (1985). Ils ne concernent par ailleurs, que les fluctuations à caractère physiologique. Les changements dans la morphologie de la coquille, tels qu'ils sont représentés dans l'indice de IMAI et SAKAI (1961) ou le coefficient de qualité externe de BERTHOME (1978) n'ont pas été pris en compte. De même les formulations reposant sur des mesures expérimentales physiologiques, telles que l'efficacité nette de croissance, la charge énergétique (ATKINSON, 1971), ou sur des mesures biochimiques telles que le glycogène (WALNE, 1970) n'ont pas été étudiées. Le lot d'huîtres utilisées pour ce travail, provient d'un captage de naissain au cours de l'été 1978, effectué en Seudre (Charente-Maritime) sur des plaquettes de fibro-ciment chaulées. Après détrocage, ces huîtres ont été installées en culture en surélevé, dans un parc expérimental découvrant par coefficient de 75, à raison d'une densité en début d'expérience de 140 individus par casier ostréicole. Chaque mois, 10 individus prélevés au hasard

sont ramenés au laboratoire pour y effectuer les mesures de biométrie. Les longueurs, largeurs, et épaisseurs maximales sont mesurées au pied à coulisse, à 0,1 mm près. Les différents volumes (volume total et volume des valves) sont mesurés par une éprouvette à débordement à 0,1 ml près (BAIRD, 1958). Les déterminations des poids (poids total de l'individu vivant, poids frais des chairs après dissection, poids sec, poids de la coquille) sont effectuées à 0,01 g près, le poids frais étant mesuré après égouttage des chairs sur une trame nylon, et le poids sec des chairs étant obtenu par séchage en étuve à 60° C pendant 72 heures.

Les différents indices présentés plus loin, ont été calculés pour chaque prélèvement, sur tous les individus, la moyenne de l'écart-type des prélèvements étant seuls représentés sur les figures. Les formules de calcul des indices avec les unités entre parenthèses sont les suivantes:

1. 10^3 x poids frais/poids total (g,g)
2. 10^3 x poids sec/poids total (g,g) (PHERNAMBUCQ et VROONLAND, 1983)
3. 10^2 x poids de coquille/poids total (g,g)
4. 10^4 x poids frais/longueur^3 (g,mm)
5. 10^6 x poids sec/longueur^3 (g,mm) (BEUKEMA et DE BRUIN, 1977, modifié)
6. 10^4 x poids total/longueur^3 (g,mm)
7. 10^4 x poids frais/(longueur X largeur X épaisseur) (g,mm)
8. 10^5 x poids sec/(longueur X largeur X épaisseur) (g, mm)
9. 10^5 x poids total - poids de coquille/(longueur X largeur X épaisseur) (g, mm)
10. 10^2 x poids frais/poids de coquille (g,g)
11. 10^3 x poids sec/poids de coquille (g,g) (WALNE et MANN, 1975)
12. 10^3 x poids frais/(volume total-volume de coquille) (g,cm^3) (CHEW et al., 1965)
13. 10^2 x poids frais/(poids total-poids de coquille) (g,g)
14. 10^3 x poids sec/(poids total-poids de coquille (g,g) (LAWRENCE et SCOTT, 1982)
15. 10^3 x poids sec/volume total-volume de coquille (g,cm^3) (MEDCOF et NEEDLER, 1941)
16. 10 x poids frais/volume total (g,cm^3)
17. 10^3 x poids sec/volume total (g,cm^3)
18. 10^2 x poids total/volume total (g,cm^3)
19. 10^2 x poids frais/(longueur + largeur + épaisseur)/3 (g,mm)
20. 10^4 x poids sec/(longueur + largeur + épaisseur)/3 (g,mm)
21. poids sec/[(longueur + largeur + épaisseur)/3]^3 (g,mm)

pour chacune de ces formules, le numérateur représente le facteur qui varie en fonction de la condition de l'animal, et le dénominateur constitue l'élément de pondération, qui a pour but d'éliminer l'influence de la croissance sur les valeurs de l'indice, de manière à obtenir une formule qui soit indépendante de l'âge des individus. La sensibilité de chaque indice a été calculée de la manière suivante : on mesure pour chaque année, le rapport de la diminution de l'indice entre un maximum et un minimum annuels successifs sur le maximum de la même année, et l'on calcule la moyenne de ces rapports, exprimée en pourcentage. La formule est la suivante:

$$SI = \frac{100}{n} \times \sum_{i=1}^{n} (I\ max._i - I\ min._i) / I\ max._i$$

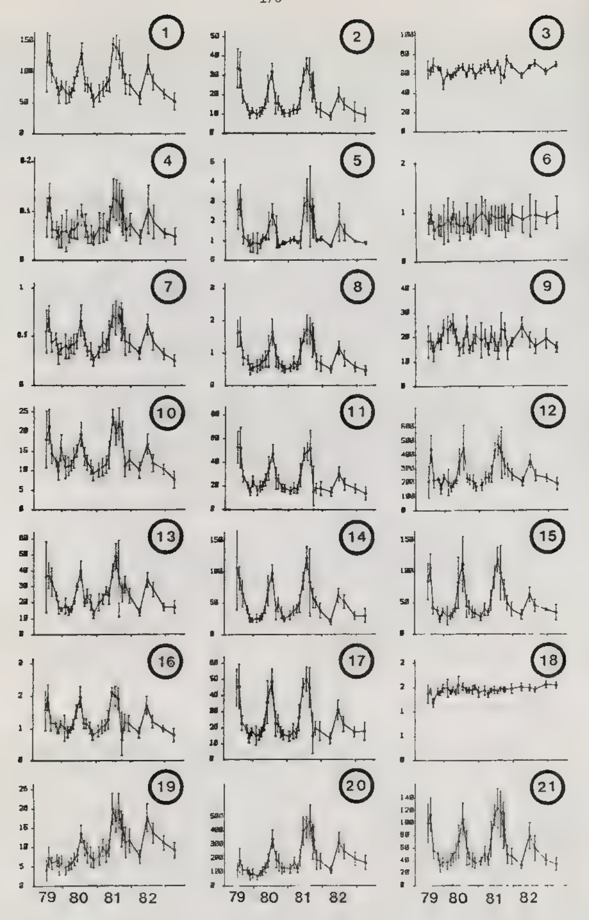


Figure 1 : Evolution mensuelle des différents indices de condition. La définition des indices correspondant aux numéros encadrés est donnée dans le texte.

dans laquelle I max.$_i$ et I min.$_i$ représentent les valeurs maximales et minimales de l'indice en question, pendant l'année i ,SI la sensibilité de l'indice et n le nombre d'individus. Les calculs n'ont pas été effectués pour la dernière année (1982), car la fréquence moins grande des prélèvements ne permet pas d'obtenir une représentation satisfaisante des phénomènes biologiques.

CARACTERISATION D'UN INDICE DE CONDITION.

Parmi les différentes formules proposées, quelques unes ne répondent pas à ce que l'on peut attendre d'un indice de condition. Ou bien elles ne révèlent pas de variations annuelles de la condition, ou bien elles montrent que les valeurs, bien que présentant des fluctuations annuelles, possèdent encore une tendance à l'accroissement sur plusieurs années, l'âge des individus influençant les résultats. La formule en question se ramène alors à un paramètre de croissance et non à un indice. Ceci concerne alors plus particulièrement les formules 19 et 20 (fig. 1), dont le dénominateur a la dimension d'une longueur; il est en fait égal à la moyenne de la longueur, de la largeur et de l'épaisseur de la coquille, cette moyenne étant considérée comme plus précise qu'un seul paramètre isolé, pour des espèces au test particulièrement friable (c'est le cas pour *Crassostrea gigas*, notamment pendant les périodes de croissance). L'utilisation d'un dénominateur ayant la dimension d'un volume (ou d'une masse), alors que le numérateur a lui aussi, l'une des deux dimensions, permet d'obtenir une formule ne tenant pas compte de la croissance de l'individu. Ainsi, sur la figure 1.21, on constate que le fait d'élever au cube le dénominateur, et donc de lui donner la dimension d'un volume, permet de faire disparaître la tendance qui existait dans la formule 20.

Quelques renseignements peuvent être obtenus par l'emploi de formules particulières, qui, de façon évidente, ne correspondent pas à des indices de condition. Par exemple, le rapport poids de coquille/poids total (fig. 1.3) ne varie que très peu. Pour l'espèce *Crassostrea gigas*, la coquille représente entre 60 et 70 % du poids total, et les légères fluctuations observées correspondent aux périodes de croissance du test. Quant aux rapports poids total/longueur^3 (fig. 1.6) et poids total/volume total (fig. 1.18), ils sont pratiquement constants. Dans l'espèce en question, l'utilisation du volume total à la place du cube de la longueur diminue considérablement la variabilité observée. Ceci est dû, pour l'essentiel, à une forme générale de coquille qui fluctue en fonction de la place disponible pour la croissance, et des conditions d'environnement, telle que l'agitation des eaux.

COMPARAISON DES INDICES DE CONDITION.

En ce qui concerne l'allure générale des courbes d'indice de condition, elle est tout à fait comparable d'une formule à l'autre. On peut toutefois remarquer qu'il existe, pour des indices calculés avec le même numérateur, quelques différences d'amplitude des fluctuations observées, qui se traduisent par des sensibilités différentes. Certaines formules de calcul comprennent au numérateur soit le poids frais (colonne de gauche, fig. 1), soit le poids sec de l'animal (colonne centrale, fig. 1), le dénominateur étant le même dans les deux cas. La comparaison des graphes montre que l'utilisation du poids sec se traduit dans tous les cas par une diminution

de la variabilité (les écarts-types sont plus petits) et par une augmentation générale de l'amplitude des fluctuations. Ces faits nous conduisent à proposer l'utilisation du poids sec des chairs chaque fois que l'indice de condition est utilisé dans une optique quantitative (études de reproduction, caractérisation d'un état physiologique).

Tableau 1 : Evaluation de la sensibilité de différents indices de condition comprenant le poids frais ou le poids sec des chairs au numérateur.
Voir le mode de calcul dans le texte.

Dénominateur	Numérateur	
	Poids frais	Poids sec
Poids total	54,59	70,17
Longueur^3	58,70	71,45
Longueur x largeur x épaisseur	55,90	69,96
Poids de coquille	54,99	70,48
Poids total - Poids de coquille	64,44	77,85
Volume total	60,85	71,20
Volume intervalvaire	60,15	74,24

Les cotations de sensibilité établies en pourcentage pour les formules de calcul correspondant à des indices sont représentées sur le tableau I. La comparaison avec la figure 1, colonne de gauche (poids frais) et colonne centrale (poids sec), montre que dans tous les cas, les indices calculés à partir du poids sec s'avèrent plus sensibles. Aucun indice utilisant le poids frais ne dépasse 65 %, alors que c'est le cas pour tous les indices utilisant le poids sec.

D'autre part, on observe que les valeurs de sensibilité les plus élevées sont rencontrées lorsque le dénominateur est constitué de la différence entre poids total et poids de coquille, qui correspond donc au poids frais de chair, additionnée de l'eau intervalvaire. Si l'animal a été maintenu dans l'eau jusqu'au moment de la mesure du poids total, cette quantité correspond à l'occupation totale du volume intervalvaire. Les sensibilités de cet indice sont alors les plus fortes, aussi bien pour la série d'indices calculée à partir du poids sec (77,85 %) que celle calculée à partir du poids frais (64,44 %). L'indice de condition présentant les meilleurs valeurs de sensibilité après celui-ci est constitué du rapport poids sec sur volume intervalvaire, ce dernier étant mesuré par différence entre le volume total et le volume de coquille. Puis viennent deux indices dont le dénominateur a également la dimension d'un volume (poids sec/longueur^3 et poids sec/volume total). Enfin, les derniers indices utilisant le poids sec (poids sec/poids total, poids sec/[longueur x largeur x épaisseur] et poids sec/poids de coquille) présentent tous des sensibilités voisines de 70 %. L'examen de la sensibilité des indices incluant le poids frais dans leur formule de calcul montre que l'on peut proposer un classement comparable, bien que légèrement différent: en effet, le rapport poids frais/volume total se situe en seconde position, devant le rapport poids frais/volume intervalvaire. Compte-tenu de cette similitude globale dans la hiérarchie des

sensibilités entre indices utilisant le poids frais et ceux utilisant le poids sec, on peut établir que la différence moyenne des sensibilités entre ces deux catégories d'indices est de 13,68 % avec un écart type de 1,79 %.

Après avoir établi quelle est la sensibilité de ces indices de condition, il reste à considérer dans quelle mesure ils correspondent aux fluctuations physiologiques exerçant une action sur la condition de l'animal. La courbe d'évolution du poids sec des individus de *Crassostrea gigas* a été représentée sur la figure 2 dans ce but.

Si l'on excepte la dernière année d'observation qui n'a pas fait l'objet de prélèvements suffisamment fréquents, on peut constater qu'il existe une bonne correspondance entre les pics de valeurs du poids sec, et ceux des différents indices de condition. Ceci est particulièrement net pour les années 1979 et 1980, années qui se caractérisent par ailleurs par une intensité normale dans le captage de naissain. Les pics sont bien dessinés et pour l'année 1980, la chute des indices après le maximum estival est bien marquée. Elle peut être mise en relation avec l'émission des produits sexuels, par des individus ayant alors atteint leur maturité sexuelle (DESLOUS-PAOLI, 1982). Par contre, en 1981, les conditions trophiques et de température n'ont pas permis aux huîtres de se reproduire de manière satisfaisante. Les produits sexuels ont été émis très tardivement et de manière incomplète. Cei se traduit par des valeurs élevées du poids sec qui se maintiennent sur plusieurs mois, et par une décroissance automnale progressive, qui correspond aux émissions partielles des gamètes, puis à la lyse de ceux qui n'ont pas été éjectés. L'essentiel de ces phénomènes se retrouve dans les différents indices de condition. On notera toutefois qu'ils reflètent plus ou moins intensément les phénomènes biologiques décrits plus haut. Il faut donc se garder de déduire à partir de l'évolution d'un indice de condition, la présence d'évènements biologiques, telle que l'émission de gamètes, sans une vérification de leur réalité.

ETABLISSEMENT DE CRITERES DE CHOIX POUR UN INDICE DE CONDITION.

Les différentes caractéristiques des indices, telles qu'elles ont été présentées peuvent être prises en compte pour établir des critères de choix de ces indices, en fonction de l'usage auquel ils sont destinés. La hiérarchisation de ces critères permet alors d'établir un classement de ces indices. La démarche proposée dans le tableau 2 repose essentiellement sur dexu destinations possibles de ces indices, telles qu'elles ont été établies par LUCAS et BENINGER (1985). La première concerne le domaine économique et la facilité d'obtention des paramètres constitue alors le critère fondamental. Dans cet esprit, les poids totaux et poids de chair fraîche, ainsi que les longueurs sont les mesures les plus aisées à obtenir. La reproductivité des résultats doit également être considérée, mais elle dépend pour une large mesure du protocole de mesure. Dans le cas de l'huître *Crassostrea gigas*, un protocole d'obtention d'un indice de condition, ou indice de qualité, (poids frais/poids total) a été établi par l'AFNOR (1985), dans un souci de classification des différentes qualités d'huîtres. Le second usage de ces indices concerne la mise en évidence de phénomènes physiologiques, et plus particulièrement de ceux qui sont impliqués dans des fluctuations pondéral : augmentation ou diminution du matériel de réserve en fonction

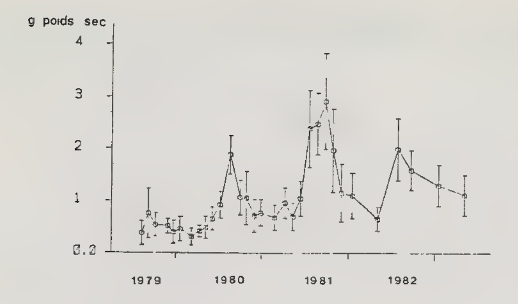


Figure 2. Evolution du poids sec des chairs de *Crassostrea gigas* de 1979 à 1985

Tableau II : Critères de choix d'un indice de condition

DESTINATION	Hiérarchie des exigences d'utilisation	Classement des indices
Estimation de la condition but économique	1. Facilité d'obtention des paramètres (emploi d'une norme). 2. Concordance avec le cycle physiologique	1. Poids frais/poids total 2. Poids frais/longueur^3 3. Poids sec/poids total
Mesure comparative et pour chaque espèce de la condition (maturation, évolution des réserves métaboliques). but scientifique	1. sensibilité 2. Concordance avec le cycle physiologique. 3. Facilité d'obtention (selon la nature des études)	Utilisation recommandée du du poids sec. 1. Poids sec/poids intervalvaire 2. Poids sec/volume intervalvaire 3. Poids sec/longueur^3

de l'état d'équilibre entre la disponibilité en nourriture et les exigences métaboliques, accumulation puis émission de produits sexuels. Il est alors nécessaire pour ces indices physiologiques, d'accorder la primauté au critère de sensibilité, de façon à révéler les fluctuations de la matière organique qui s'expriment en terme de condition. La concordance entre ces variations physiologiques et celles d'un indice constitue une deuxième exigence, qui semble d'ailleurs être satisfaite pour la plupart des formules proposées. Enfin, on peut prendre en compte comme dernier critère de choix, la facilité d'obtention des paramètres utilisés dans les formules, puisque le rôle d'un indice est de fournir une image du cycle physiologique de l'animal, sans avoir à effectuer des analyses ou des mesures expérimentales.

DISCUSSION ET CONCLUSION.

La nécessité de l'usage du poids sec dans les indices physiologiques a été mise en évidence par de nombreux auteurs, parmi lesquels LUCAS et BENINGER (1985), MANN (1978), ainsi que dans le présent travail. Si l'on s'en tient aux critères de choix présentés plus haut, l'indice présentant la plus forte sensibilité est constitué du rapport entre le poids sec et la différence de entre poids total et poids de coquille. LAWRENCE et SCOTT (1982) ont montré que cet indice correspond étroitement avec le rapport du poids sec sur le volume intervalvaire (MEDCOFF et NEEEDLER, 1941; HOPKINS, 1949), la densité du contenu intervalvaire (eau + chair) étant effectivement proche de 1 $g.cm^{-3}$. De plus l'obtention de cet indice est simple et rapide, ce qui permet de le recommander pour la plupart des études à but scientifique. Les deux autres indices qui montrent une bonne sensibilité dans le cas de l'huître *Crassostrea gigas* sont le poids sec sur le volume intervalvaire (obtenu par une technique volumétrique) et le poids sec sur le cube de la longueur. Ce dernier est très voisin du "condition factor", proposé par BEUKEMA et DE BRUIN (1977), et qui utilise le poids sec sans cendre (BODOY et MASSE, 1979).

Le classement obtenu pour l'espèce *Crassostrea gigas* ne saurait être généralisé sans quelques précautions à d'autres bivalves. En effet, cette espèce présente une morphologie de la coquille qui est extrêmement variable en étroite relation avec les conditions d'environnement et l'espace disponible pour la croissance. De plus, cette étude a été conduite sur une population provenant d'un bassin ostréicole très chargé, avec une biomasse moyenne de 110.000 tonnes pendant les années considérées. Les performances de croissance, ainsi que la condition des individus sont alors influencées par l'importance de ce stock (HERAL et al., 1985). Enfin, il ne semble guère envisageable de comparer les valeurs prises par un même indice pour deux espèces différentes en raison de l'importance plus ou moins grande de la coquille chez différentes espèces. Celle-ci constituera un pourcentage de poids total plus important chez *Venus verrucosa* que chez *Tellina tenuis* par exemple. Il semble donc souhaitable de limiter l'usage des indices de condition à des comparaisons présentant un caractère relatif.

BIBLIOGRAPHIE.

AFNOR, 1985. Norme Française. Huîtres creuses. Dénominations et classification, NF V 45-056, 5 p.

ASKEW, C.G., 1972. The growth of oysters, *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas* in Emsworth Harbour. Aquaculture, 1 : 237 - 259.

ATKINSON, D.E., 1971. Adenin nucleotides as stoichiometric coupling agents in metabolism and as regulatory modifiers : The adenylate energy charge. In VOGEL, H.J., ed. : Metabolic Pathways, 5 : 1-21. Academic Press, London.

BAIRD, R.H., 1958. measurement of condition in mussels and oysters.J.Conseil. 23 (2) : 245 -257.

BERTHOME, J.P., 1978. Contribution à l'étude des caractères biométriques de *Crassostrea gigas* dans le bassin de Marennes-Oléron, avec la détermination d'un coefficient de qualité externe. Cons. int. Explor. Mer. C.M. 1978/K : 34, 11 p.

BERTHOME, J.P., DESLOUS-PAOLI, J.M. et FERNANDEZ CASTRO, N., 1979. Comparaison de trois index de qualité de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Cons. int. Explor. Mer, C.M. 1979/K : 18, 9 p.

BEUKEMA, J.J., DE BRUIN, W., 1977. Seasonal changes in dry weight and chemical composition of the soft parts of the Tellinid bivalve, *Macoma balthica* in the Dutch Wadden Sea.Neth. J. Sea. Res., 11 (1) : 42 - 55.

BODOY, A., et MASSE, H., 1979. Quelques paramètres permettant de suivre la production organique d'un mollusque bivalve au cours d'un cycle saisonnier. Publ. Sci. Tech. CNEXO : Actes colloq., n° 7 : 753-766.

CHEW, K.K., SPARKS, A.K. and KATKANSKY, S.C., 1965. Preliminary results on the seasonal size distribution of *Mytilicola orientalis* and the effect of this parasite on the condition of the pacific oyster, *Crassostrea gigas*. J. Fish. Res. Bd Canada; 22 : 1098-1101.

DESLOUS-PAOLI, J.M., 1982. Croissance et qualité de l'huître *Crassostrea gigas* Thunberg en élevage dans le bassin de Marennes-Oléron. Téthys, 10 (4) : 365-371.

ENGLE, J.B., 1950. The condition of oysters as measured by the carbohydrate cycle, the condition factor and the percent dry weight. Natl. Shellfish Assoc. Conv. Add. : 20-25.

GABBOTT, P. A. et WALKER, A.J.M., 1971. Changes in the condition index and biochemical content of adult oysters (*Ostrea edulis* L.), maintained under hatchery conditions. J. Cons.int Explor. Mer 34 (1) : 99-106.

HERAL, M. et DESLOUS-PAOLI, J.M., 1985. Analyse historique de la production conchylicole du bassin de Marennes-Oléron, et essai d'estimation empirique du potentiel conchylicole. Quatrième colloque interdisciplinaire franco-japonais d'Océanographie, Marseille 16-21 Septembre 1985, sous presse.

HOPKINS, A.E., 1949. Determination of condition of oysters. Science, 110 : 567-568.

HUGHES-GAMES, W.L., 1977. Growing the japanese oyster (*Crassostrea gigas*) in subtropical seawater fish ponds. I. Growth rate, survival and quality index. Aquaculture, 11 : 217-229.

IMAI, T. et SAKAI, S., 1961. Study of breeding of japanese oyster. Tohoku J. Agric. Res., 1(2).

INGLE, R.M., 1949. A comparative study of oyster condition. Science, 109 (2841) : 593.

LAWRENCE, D.R. et SCOTT, G.I., 1982. The determination and use of condition index of oysters. Estuaries, 5 (1) : 23-27.

LUCAS, A. et BENINGER, P.G., 1985. The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. Aquaculture, 44 : 187-200.

MANN, R., 1978. A comparaison of morphometric, biochemical and physiological indexes of condition in marine bivalve molluscs. In : J.H. THARP et W. GIBBOWS, ed., Energy and Environmental stress in aquatic systems. DOE Symp. Ser. 48 : 484-497.

MEDCOF, J.C., NEEDLER, A.W.M., 1941. The influence of temperature and salinity on the condition of oysters (*Ostrea virginica*). J. Fish. Res. Bd Canada, 5 (3).

NEUDECKER, T., 1980. The performance of the condition index of oysters (*Crassostrea gigas*) during spring 1980 at two selected sites of the german Coast. Cons. int. Explor. Mer, C.M. 1980/F 12 : 12 p.

PHERNAMBUCQ, A.J.W. et VROONLAND, C.S., 1983. A comparizon of four index of condition of the european flat oyster *Ostrea edulis* L. Cons. int. Explor. Mer, C.M. 1983/F : 3, 11p.

WALNE, P.R., 1970. The seasonal variation of meat and glycogen content of seven populations of oysters *Ostrea edulis* L. and a review of the literature. Fish Invest. (London), 26(3): 1-35.

WALNE, P.R. et MANN, R., 1975. Growth and biochemical composition in *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas*. Proc. 9th Europ. Mar. Biol. Symp. 1975 : 587-607.

WHYTE, J.N.C. et ENGLAR, J.R., 1982. Seasonal variation in the chemical composition and condition indices of pacific oyster *Crassostrea gigas* grown in trays or on the sea bed. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 39 : 1084-1094.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 183 à 192

PERFORMANCES DE CROISSANCE DE L'HUITRE CREUSE, *CRASSOSTREA GIGAS* (THUNBERG) DANS LE BASSIN D'ELEVAGE DE MARENNES-OLERON ENTRE 1979 & 1982

par

BERTHOME, J.P., PROU, J., BODOY, A.

IFREMER, Laboratoire Aquaculture, BP 133, F-17390 LA TREMBLADE (France)

ABSTRACT. Growth performance of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, Thunberg, in Marennes-Oleron rearing bay, Between 1979 and 1982.

Growth of the japanese oyster, *Crassostrea gigas* was monitored during 4 years, by following the recruitment of the year 1978, held in rearing conditions. After three and half years, the average length was 10 cm and the average total weight was 80 g. Clear seasonal changes were observed on the growth in length and weight. An important loss in dry weight occured in July, during the release of gametes. Such losses constituted 29 %, 43 % and 60 % of the dry weight, respectively for individuals which were 2 years, 3 years and 4 years old. The higher instantaneous growth rates (G) were observed during spring and at the beginning of summer. Growth model of Von Bertalanffy, gave the best estimate for the length growth of the species. During the 1979-1982 period, growth was clearly slower then that was observed in the early seventies, when the species was introduced in the area. It was also slower, if compared with other rearing areas or with experiments reproducing the field environment. Such a decrease in the growth performance was related with the high level of the reared stock in the Marennes-Oleron area.

KEY-WORDS : Growth, oyster, *Crassostrea gigas*, reared stock, growth model, growth parameter.

RESUME.

La croissance de l'huître *Crassostrea gigas* a été suivie sur une période de 4 ans, à partir d'individus captés en 1978, et placés en conditions d'élevage. L'évolution de la longueur et du poids total montre que la population atteint une taille de 10 cm et un poids de 80 g en trois ans et demi. Les croissances linéaire et pondérale présentent des fluctuations saisonnières marquees. Il se produit notamment une perte de poids sec très importante, lors de l'émission des gamètes en juillet, ce qui révèle l'importance quantitative de la reproduction de l'huître dans le bassin de Marennes-Oléron. Celle-ci représente 29 %, 43 % et 60 % du poids sec pour des huîtres âgees de 2, 3 et 4 ans. Les plus forts taux instantanés de croissance (G) se rencontrent au printemps et au début de l'été. Le modèle de Von Bertalanffy s'est avéré le plus apte à décrire la croissance linéaire de l'espèce. Les performances de croissance pendant la période 1979-1982 dans le bassin de Marennes-Oléron sont plus faibles, de manière générale, ou si on les compare avec d'autres sites d'élevages, ou avec des expériences en milieu naturel simulé. Cette diminution de la vitesse de croissance est mise en relation avec l'importance du stock en élevage dans le bassin de Marennes Oléron.

MOTS CLES : Croissance, huître, *Crassostrea gigas*, stock cultivé, modèle de croissance, descripteurs de croissance.

INTRODUCTION.

L'huître japonaise *Crassostrea gigas* a été introduite à des fins de culture dans les eaux européennes, au début des années 70. Cette importation s'est avérée nécessaire pour renouveler les stocks de l'espèce *Crassostrea angulata*, décimée par des epizooties. Les performances de croissance de l'espèce nouvellement introduite ont alors été étudiées en Bretagne par Auger (1976). Les

travaux de Walne et Spencer (1971), Parsons (1974) et Spencer et al. (1978) en Europe, et de Malouf et Breese (1977) aux Etats-Unis ont montré que la croissance pouvait être particulièrement rapide, lorsque les conditions d'environnement ou de durée d'émersion le permettaient. Si de telles observations ont pu être faites dans le bassin de Marennes-Oléron peu après le début de la culture de l'huître japonaise (Gras et Gras, 1975), la vitesse de croissance et la qualité ont ensuite rapidement décliné (Deslous-Paoli, 1982). Plusieurs facteurs ont pu être invoqués pour expliquer ces phénomènes. Il ne semble pas que l'on puisse mettre en avant une dégénérescence génétique de l'espèce, ou une dégradation de la qualité du milieu. Par contre, l'augmentation rapide de la biomasse en élevage a pu être mise en relation avec le fléchissement des performances de croissance de l'espèce (Héral et al., 1985). Il semble donc important de surveiller l'évolution des vitesses des croissances dans un stock cultivé, afin de détecter toute augmentation du temps nécessaire à l'obtention de la taille marchande.

L'étude entreprise ici a pour but de définir les paramètres de la croissance de *Crassostrea gigas*, en présence d'un stock en élevage, pour la technique de culture en surélévation. L'évolution de différents descripteurs de la croissance, ainsi que l'emploi de modèles représentatifs de la croissance, sont les moyens employés pour estimer ces paramètres de croissance dans des conditions proches de celles d'un élevage.

MATERIEL ET METHODE

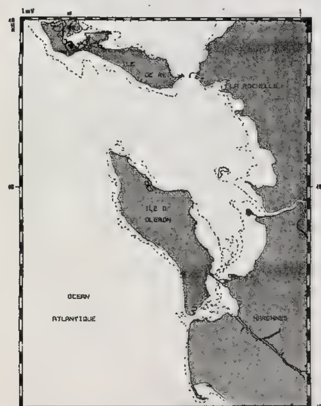


Figure 1. Situation géographique de la population expérimentale, dans le bassin d'élevage de Marennes-Oléron

Le site d'élevage, situé au centre du bassin de Marennes-Oléron, sur le banc de Dagnas, peut être considéré comme représentatif des conditions moyennes d'élevages dans cette région (fig.1). Le sol découvre par un coefficient de marée de 75. Le lot expérimental, mis en place en janvier 1979, est constitué de plaques d'ardoises. Les individus séparés ultérieurement de leurs supports ont été placés dans des casiers plastique de 0,5 m², fixés sur des tables métalliques à 0,4 m du sol. La densité initiale dans chaque casier était de 280 individus par mètre carré.

L'étude des différents paramètres a été effectuée à partir de prélèvements, effectués mensuellement jusqu'à fin 1981. Cependant, en 1982 la fréquence de ces prélèvements a été plus faible. La longueur et le poids total ont été mesurés sur un échantillon de 50 individus, et les autres descripteurs, dont la mesure nécessite de sacrifier l'animal, seulement sur 10 individus. La longueur a été mesurée selon l'axe antéro-postérieur à 0,1 mm près, le poids total et le poids de coquille ont été mesurés au

décigramme près, et les autres poids au centigramme près (DESLOUS-PAOLI, 1982). Le poids total est celui de l'individu vivant, venant juste d'être sorti de l'eau, afin de ne pas perdre l'eau intervalvaire Le poids frais est celui des chairs égouttées, tandis que le poids sec a été obtenu après passage à l'étuve à 60° pendant 72 heures. Les valves n'ont pas été séchées avant d'être pesées. Les volumes totaux et volumes de coquille ont été mesurés au moyen d'une éprouvette à débordement (Baird, 1958), avec une précision de 0,1 ml.

Les variations de la croissance pondérale ont été calculées en utilisant le taux instantané de croissance (Ricker, 1975), ramené à un intervalle exprimé en mois (G 30), en tenant compte des différences dans les intervalles entre les prélèvements. Les ajustements des courbes théoriques aux données expérimentales ont été effectués selon la méthode du simplex (Schnute, 1982), grâce au programme informatique établi par cet auteur.

RESULTATS.

La croissance de l'espèce *Crassostrea gigas* a été abordée au moyen d'un certain nombre de descripteurs, qui ne présentent pas tous la même capacité à révéler les fluctuations de la quantité de chair ou de la coquille. Les moins usités d'entre eux (mesures de volume) ont été cependant employés dans des formules de calcul d'indices de condition (Bodoy et al., 1985) ou par certains auteurs (Woelke, 1959). Il nous a donc semblé intéressant d'en étudier l'évolution.

La croissance en longueur est particulièrement rapide pendant la première année (fig.2), puisque la population expérimentale a effectué la moitié de la croissance totale observée pendant ce laps de temps, et ceci, alors même que l'on peut remarquer une croissance très ralentie depuis la date de captage jusqu'au mois de mai suivant. Par la suite, la croissance s'effectue beaucoup plus lentement, avec des fluctuations importantes, mais également avec une grande variabilité apparente. Une longueur moyenne de 10 cm est atteinte au bout de trois an et demi. Des études de croissance individuelle (résultats non publiés) ont montré que la variabilité à l'intérieur d'un échantillon est due pour une large part aux différences dans les vitesses de croissance de chaque individu en fonction de sa taille initiale. Ces différences dans les vitesses de croissance se maintenant tout au long de la vie de l'espèce, ont comme conséquence une dispersion des tailles allant en augmentant, alors que l'allure générale de la courbe de croissance moyenne demeure constante. Si l'importance de la variabilité globale ne permet pas de caractériser des fluctuations saisonnières dans la vitesse de croissance, l'emploi d'une technique de lissage appropriée pourra souligner, le cas échéant, l'existence de telles fluctuations, pour peu que cette technique soit choisie en fonction de la fréquence d'échantillonnage et de la périodicité de ces fluctuations. Dans le cas présent, l'utilisation d'une moyenne mobile d'ordre 3 avec un coefficient de 0,5 pour les termes en n + 1 (fig. 2), permet de conserver la saisonnalité, tout en lissant les fluctuations non saisonnières et de courte période inférieures à 3 mois, qui trouvent leur origine dans la variabilité liée à l'échantillonnage.

Les fluctuations annuelles, ainsi mises en évidence, apparaissent de manière encore plus nette si l'on trace l'évolution des accroissements en longueur (fig. 2). On constate tout d'abord

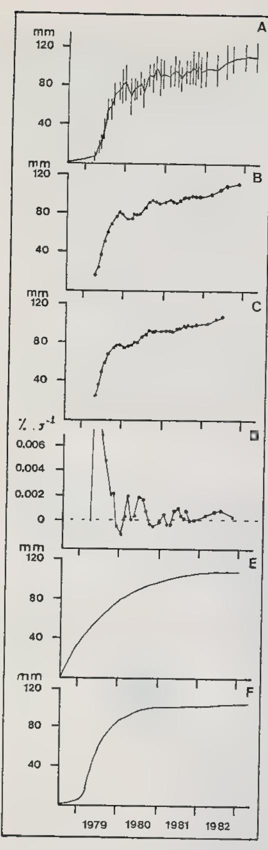


Fig. 2. Croissance en longueur de *C. gigas*.
A : Evolution des longueurs moyennes
B: Lissage de la courbe des longueurs moyennes par une moyenne mobile d'ordre 3.
C: Moyenne mobile d'ordre 5
D: Accroissements relatifs en longueur
E : Courbe de Von Bertalanffy
F : Courbe de Gompertz

que la croissance linéaire est extrêmement rapide pendant la première année, puisque les individus atteignent plus de la moitié de la taille maximale observée, à la fin de 1979. Par la suite, les accroissements sont plus faibles, suivant en cela la relation exponentielle qui existe entre la longueur et le temps. On peut remarquer l'existence d'accroissements négatifs, survenant généralement en fin d'automne et en hiver. Ceux-ci peuvent s'expliquer par la fragilité de la "pousse", c'est-à-dire, de la fine lamelle de coquille formée récemment. Si les conditions n'ont pas permis à cette partie de la coquille de l'huître de se renforcer, elle sera facilement brisée lors des tempêtes hivernales, par le mouvement des individus dans les casiers d'élevage. On notera également qu'en 1980 et 1981, les périodes de croissance sont en nombre de 2. La première se situe en mars-avril, et la seconde en été et au début de l'automne (les prélèvements de 1982 sont trop espacés pour pouvoir en tirer des conclusions). La croissance de la coquille se trouve donc fortement ralentie en fin de printemps, lorsque l'animal doit effectuer la partie la plus importante de l'effort de reproduction.

L'évolution du poids total est, en général, caractérisée par sa grande variabilité (Lucas et Beninger, 1985). C'est le cas pour la population étudiée, les coefficients de variation étant toujours supérieurs à 30 % (fig. 3). Cette dispersion des résultats est à relier à deux facteurs: la quantité d'eau intervalvaire peut varier considérablement selon la durée de l'émersion. Par ailleurs, les différences dans les vitesses de croissance individuelle, déjà évoquées pour la croissance en longueur, contribuent également à une augmentation de la variabilité du poids total, comme d'ailleurs pour les autres paramètres pondéraux Le poids de 80 g est atteint au bout de 42 mois. Les fluctuations saisonnières sont peu nettes, en raison de l'importance de la coquille comme composant du poids total.

Le poids frais montre des fluctuations plus marquées, puisque celles-ci vont du simple au double. Les mêmes phénomènes, encore plus accentués, se retrouvent pour le poids sec des chairs, avec une amplitude de fluctuations

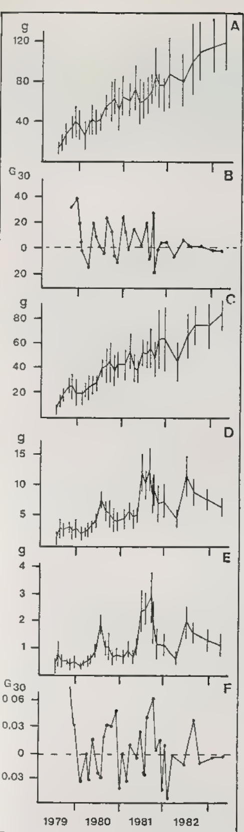


Fig. 3 : Croissance pondérale de *C. gigas*.
A: Evolution du poids total
B:Taux instantané de croissance mensuel (G 30) du poids total.
C: Poids de coquille
D:Poids frais de la chair.
E:Poids sec
F:Taux instantané de croissance mensuel (G 30) en poids sec.

allant de 1 à 4 en 1981. L'accroissement des tissus se produit entre les mois d'avril et d'août. Il est possible de suivre l'évolution progressive de la maturité sexuelle, puisqu'en 1979, pour des huîtres âgées d'un an, la diminution de poids consécutive à la ponte en août, est de 28,9 %. En 1980, elle est de 43,4%. L'année 1981 présente quelques particularités, car les conditions rencontrées ont entraîné la présence de pontes partielles et tardives. Celles-ci, si l'on considère qu'elles sont correctement évaluées par la diminution du poids sec (Lucas, 1982), représentent, entre le 21 août et le 28 septembre, 31,2% du poids sec, puis entre le 28 septembre et le 28 octobre, 40,6 %. Le total cumulé entre ces deux dates correspond à un pourcentage de 59,9 % mais la rareté de la nourriture disponible à cette époque de l'année 1981 (Deslous-Paoli et al., 1982) a probablement entraîné un amaigrissement des individus. Ce fait ne permet pas de donner un chiffre au bout de 3 ans, mais il n'en demeure pas moins que sur la durée de l'expérience, l'effort de reproduction va vraisemblablement en augmentant

Il est possible de suivre de manière plus fine ces fluctuations saisonnières de croissance pondérale par l'utilisation du taux instantané de croissance (Ricker, 1980), calculé en fonction d'intervalles mensuels (G 30; Askew, 1978) et pour le poids sec. Sur la figure 3 , les périodes d'engraissement, c'est à dire d'augmentation du poids sec, correspondent à des valeurs supérieures à zéro, les périodes d'amaigrissement etant inférieures. On constate que la période d'amaigrissement va de septembre à mars, avec parfois un léger gain de poids au cours de l'hiver. Cependant, l'essentiel du gain de poids sec a lieu au cours du printemps et du début de l'été. Par ailleurs, on remarque que les plus fortes valeurs sont rencontrées pour les individus les plus jeunes, ce qui correspond indirectement à la relation établie par Hall (1984), entre les valeurs du G 30 et le poids (lié à l'âge) ou la température.

Le poids de la coquille montre également une grande variabilité. Il apparait cependant que l'augmentation se situe principalement en automne et que la période hivernale est marquée par une légère diminution de poids, consécutive à l'érosion des coquilles lors des tempêtes.

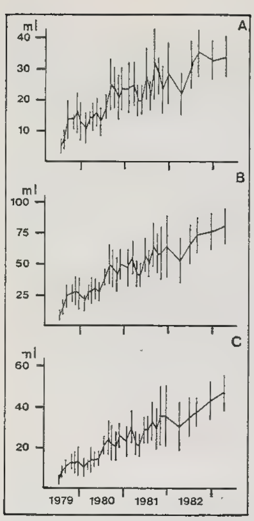


Figure 4 : Descripteurs en volume de la croissance. A : Evolution du volume total.
B: Evolution du volume de la coquille.
C: Evolution du volume intervalvaire.

Les paramètres correspondant aux volumes (Fig.4) n'apportent en eux-mêmes rien de plus, pour l'étude de la croissance, que le suivi des différents paramètres pondéraux. Seul le volume intervalaire semble montrer quelques fluctuations différant de celles de la coquille ou du poids total, mais l'amplitude des intervalles de confiance est trop importante pour pouvoir en tirer des conclusions.

Modèles de croissance.

La représentation mathématique de la croissance présente l'avantage de fournir des estimations de coefficients de croissance correspondant aux conditions rencontrées. Celles-ci peuvent alors être comparées entre elles, à la condition que soient fixés, ou tout au moins connus, les facteurs de croissance qui ne sont pas impliqués dans la comparaison.

Parmi les modèles mathématiques représentatifs de la croissance, le modèle de Von Bertalanffy est de loin le plus employé chez les mollusques, en dépit d'inconvénients certains (Roff, 1980). L'un de ceux-ci tient à ce que la courbe correspondante ne montre pas de points d'inflexion. alors que celui-ci est rencontré dans la courbe de croissance de nombreuses espèces, dès lors que l'on est en possession de données portant sur une durée suffisante. D'autres modèles ont donc été proposés et parmi ceux-ci celui de Gompertz, pour lequel il existe des méthodes d'estimation des paramètres (Riffenburg, 1960).

L'équation du modèle de Von Bertalanffy peut s'écrire, pour L exprimé en mm et t en année :

$$Lt = 110{,}9\ (1 - e^{-0{,}777(t-0{,}0002)})$$

La valeur de 110,9 mm pour Loo, correspond à la population étudiée pendant une durée de quatre ans. Le coefficient de corrélation entre les valeurs prédites par ce modèle et les données de croissance est de 0,9355 (n = 36), le pourcentage de variance pris en compte étant de 87,5 %.

L'équation du modèle de Gompertz s'écrit avec les mêmes unités :

$$Lt = 108{,}5 \times 0{,}40^{0{,}85^{(t-1)}}$$

le coefficient de corrélation est de 0,9091 et 82,6% de la variance des données sont expliquées par le modèle. Le meilleur ajustement est donc donné par le modèle de Von Bertalanffy.

même si celui-ci n'est pas totalement satisfaisant, en raison notamment des fluctuations saisonnières qui ne sont pas prises en compte. Il semble que ce modèle représente mieux les données, pour les deuxième, troisième et quatrième années, alors que le modèle de Gompertz correspond bien à l'inflexion de la croissance observée pendant la première année. L'utilisation du modèle de Von Bertalanffy généralisé, ou modèle de Richards (Ebert, 1980) n'a pas donné de meilleurs résultats. Cette équation comporte un point d'inflexion, mais la méthode d'ajustement utilisée n'a pas permis d'obtenir une amélioration significative du pourcentage de variance expliquée.

DISCUSSION.

La croissance de l'huître japonaise a fait l'objet de divers travaux en raison de l'importance croissante qu'elle prend en ostréiculture. De nombreux auteurs ont mesuré ses performances de croissance. dans des conditions très diverses, non seulement sur le plan hydrologique mais aussi sur le plan des densités. Le tableau 1 résume certains travaux concernant soit des mesures effectuées en zone d'élevage, soit des expériences réalisées en milieu naturel proprement dit ou en milieu naturel simulé. Deux observations doivent être faites. Tout d'abord il n'est malheureusement souvent pas possible de préciser quelles sont les densités ou les tonnages élevés dans chaque zone en fonction des caractéristiques hydrobiologiques de chaque secteur. D'autre part, les comparaisons géographiques voient leur portée limitée en raison des différences existant dans les régimes hydrobiologiques et dans la richesse nutritive des milieux en question. Les données concernant le bassin de Marennes-Oléron ont été calculées, à partir des courbes de croissance exposées plus haut, dans les mêmes conditions d'âge initial et de durée que celles données par les différents auteurs. Compte tenu des remarques faites précédemment, on constate que la croissance de l'espèce dans le bassin de Marennes-Oléron est l'une des plus lentes qui soient, quelque soit le paramètre de croissance considéré. Les biomasses en élevage dans ce bassin sont estimées à 80.000 tonnes en moyenne sur une surface concédée de 3.600 hectares, pendant la période considérée (Héral et al., 1985). De telles données ne sont pas disponibles pour tous les autres sites reportés sur le tableau 1, mais les indications données par certains de ces auteurs laissent penser que les biomasses sont nettement inférieures à celles de Marennes-Oléron. Cette comparaison conforte donc l'hypothèse selon laquelle le volume trop important du stock en élevage est l'un des facteurs primordiaux qui conditionne des mauvaises performances de croissance observées dans ce bassin. En effet, la qualité du milieu avait permis d'observer une croissance de l'espèce tout à fait satisfaisante et comparable aux données des auteurs précités au début des années 1970, lorsque le stock de *Crassostrea gigas* commençait tout juste à se constituer. Depuis lors, le suivi de la capacité nutritive aux limites du bassin (courantologie et qualité de la nourriture) n'a pas montré de fléchissement sensible, qui puisse être invoqué pour expliquer cette dégradation des performances de croissance.

L'étude à long terme de la capacité nutritive du bassin et de la dynamique de la population cultivée de *Crassostrea gigas*, mise en place depuis 1977 doit permettre de mieux comprendre les relations existant entre la nourriture disponible sous ses différentes formes et les possibilités de production de l'huître dans le bassin.

Tableau 1 : Performance de croissance de *Crassostrea gigas* comparée entre différents sites, et a Marennes-Oléron. Les chiffres donnés pour Marennes-Oléron, ont été calculés par lecture sur les courbes de croissance, dans les mêmes conditions de poids initial et de durée que pour les autres sites. Donnée d'élevage : mesures de croissance effectuées sur des lots installés en condition d'élevage. Données expérimentales : expériences effectuées en dehors d'un bassin d'élevage, sans influence du stock, ou au laboratoire.

Auteurs	Localité	Durée d'observation	Descripteur	Valeur finale	Valeur comparable à Marennes-Oléron
Données d'élevage					
ASKEW, 1972	Grande-Bretagne	12 mois (poids de 5g)	Poids total	55 g	32 g
HALL, 1984	Grande-Bretagne	16 mois (Emsworth)	Poids total	70 g	37 g
KIM, 1980	Corée du Sud	10 mois	Poids sec	2 g	0,8 g
SUMNER, 1980	Tasmanie	12 mois, collecteurs	Poids total	42,2 g	41 g
SUMNER, 1981	Tasmanie	12 mois, immergé	Poids total	69,5 g	41 g
WOELKE, 1959	Etats-Unis	2 ans	Volume (ml)	101,8 ml	50 ml
YOO et al., 1972	Corée du Sud	9 mois	Poids frais des chairs	8-10 g	1,9 g
Données expérimentales					
HUGHES-GAMES, 1977		12 mois	Poids total	87 g	43 g
MANN, 1979		3 mois nourriture artificielle 21°C	Poids total	33 g	15 g
MEIXNER, 1979		3 mois nourriture artificielle 12°C	Poids total	18,3 g	15 g
MEIXNER, 1979		10 mois tête de lot	Poids total	51,5 g	39 g

BIBLIOGRAPHIE.

ASKEW, C.G., 1972. The growth of oysters *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas* in Emsworth Harbour. Aquaculture, 1 : 237-259.

ASKEW, C.G., 1978. A generalized growth and mortality model for assessing the economics of bivalve culture. Aquaculture, 14 : 93-104.

AUGER, C., 1976. Etude de 2 variétés de *Crassostrea gigas* Thunberg. Leur acclimatation en rivière d' Etel (Morbihan). Thèse de doctorat de 3ème cycle, Université de Paris VI, 105 p.

BAIRD, R.H., 1958. Measurement of condition in mussels and oysters. J. cons., 23 (2) : 249-257.

BERTHOME, J.P. et FERNANDEZ CASTRO, N., 1980. Etude de la croissance et de la qualite de trois lots d'huîtres creuses *Crassostrea gigas*, dans le bassin de Marennes-Oléron en 1979. Cons. Int. Explor. Mer. C.M. 1980/K : 30, 14 p.

DESLOUS-PAOLI, J.M., 1982. Croissance et qualité de l'huître *Crassostrea gigas*, Thunberg en élevage dans le bassin de Marennes-Oléron. Téthys, 10 (4) : 365-371.

DESLOUS-PAOLI, J.M., HERAL, M., BERTHOME, J.P., RAZET, D. et GARNIER, J., 1981. Reproduction naturelle de *Crassostrea gigas* Thunberg dans le bassin de Marennes-Oléron en 1979 et 1981 : Aspects biochimiques et énergétiques. Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 45 (4): 319-317.

EBERT, T.A., 1980. Estimating parameters in a flexible growth Equation, the Richards function. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37 : 687-692.

GRAS, M.P. et GRAS, P., 1975. Variations des caractères biométriques et des constituants biochimiques d'une population de *Crassostrea gigas* (Thunberg) d'un parc d'élevage du bassin de Marennes-Oléron en 1974. Cons. int. Explor. Mer, CM 1975/K : 33, 11 p.

HALL, S., 1984. A multiple regression model for oyster growth. Fish. Res. 2 : 167-175.

HERAL, M., DESLOUS-PAOLI, J.M. et PROU, J., 1985. Analyse historique de la production conchylicole du bassin de Marennes-Oléron, et essai d'estimation empirique du potentiel conchylicole. Quatrième colloque interdisciplinaire franco-japonais d'Océanographie, Marseille, 16-21 septembre 1985. Sous presse.

HERAL, M., DESLOUS-PAOLI, J.M. et J.M. SORNIN, 1983. Tranferts énergétiques entre l'huître, *Crassostrea gigas*, et la nourriture potentielle disponible dans un bassin ostréicole : premières approches. Océanis, 9 (3) : 169-194.

HUGHES GAMES, W.L., 1977. Growing the japanese oyster (*Crassostrea gigas*) in subtropical seawater fish ponds. I growth rate, survival and quality index. Aquaculture, 11 : 217-229.

KIM, Y.S., 1980. Efficiency of energy transfert by a population of farmed pacific oyster, *Crassostrea gigas* in geoje-Hansen Bay. Bull. Korean Fish. Soc. 13 54) : 179-193.

LUCAS, A., 1982. Evaluation of reproductive effort in bivalve molluscs. Malacologia 22, (1-2):183-187

LUCAS, A. et BENINGER, P.G., 1985. The use of physiological condition indices in marine bivalve aquaculture. Aquaculture, 44 : 187-200.

MALOUF, R.E. et BREESE, W.P., 1977. Seasonal changes in the effects of temperature and water flow rate on the growth of juvenile pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg). Aquaculture 12 : 1-13.

MANN, R., 1979. Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. J. mar. Biol. Ass. U.K., 59 : 95-110.

MANN, R. and RYTHER, J.H., 1977. Growth of six species of bivalve molluscs in a waste recycling-aquaculture system. Aquaculture, 11 : 231.245.

MEIXNER, R., 1979. Culture of pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in containers in German Goastal Waters. In Advances in Aquaculture, Pillay and Dill eds., Fishings News Books : 338-339.

NEUDECKER, T., 1981. Experimental offshore nursery growing of *Crassostrea gigas* Thunberg in Germany. In Nursery culturing of bivalves molluscs, C. Claus, N. de Pauw et E. Jaspers Ed., 394 p. Europ. maricult. Soc., Spec. Publ. n° 7 : 197-210.

PARSONS, J., 1974. Advantages in tray cultivation of pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in Strangford lough, Northern Ireland. Aquaculture, 3 : 221-229.

RICKER, W.E., 1980. Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons. Bull. Fish./ Res. Board Can., 191 F : 409 p.

RIFFENBURG, R.H., 1960. A new method for estimating parameters for the Gompertz growth curve. J. Cons. Int. Explor. Mer, 25 (3) : 285-293.

ROFF, D.A., 1980. A motion for the retirement of the Von Bertalanffy funtion. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37 : 127-129.

SCHNUTTE, J., 1982. A manual for easy non linear parameter estimation in fishery research with interactive microcomputer programs. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci., n° 1140, 111 p.

SPENCER, B.E. and GOUGH, C.J., 1978. The growth and survival of experimental batches of hatchery reared spat of *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas* Thunberg, using different methods of tray cultivation. Aquaculture, 13 : 293-312.

SPENCER, B.E., KEY, D., MILLICAN, P.F., and THOMAS, M.J., 1978. The effect of intertidal exposure on the growth and survival of hatchery reared pacific oysters (*Crassostrea gigas* Thunberg) kept in trays during their first ongrowing season. Aquaculture, 13 : 191-203.

SUMNER, C.E., 1980. Growth of pacific oysters, *Crassostrea gigas* Thunberg cultivated in Tasmania. I. Intertidal stick culture. Aust.J. mar. Freshwater Res., 31 : 129-135.

SUMNER, C.E., 1981. Growth of pacific oysters, *Crassostrea gigas* Thunberg cultivated in Tasmania. II. Subtidal culture. Aust. J. mar. Freshwater Res., 32 : 411-416.

WALNE, P.R. and DAVIES, G., 1977. The effect of mesh covers on the survival and growth of *Crassostrea gigas* Thunberg grown on the sea bed. Aquaculture 11 : 311-321.

WALNE, P.E. and MANN, R., 1975. Growth and biochemical composition of *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas*. 9th Europ. mar. Biol. Symp. H. Barnes ed., Aberdeen Univ. Press : 587-607.

WALNE, P.R. and SPENCER, B.E., 1971. The introduction of the pacific oyster (*Crassostrea gigas*) into the united Kingdom. Shellfish Int. Leafl., Fish. Lab. Burnham, n° 21, 8 pp.

WOELKE, C.E., 1959. Growth of the pacific oyster *Crassostrea gigas* in the waters of Washington state. Proc. Natl. Shellfish Assoc. 50 : 133-143.

WHYTE, J.N.C. and ENGLAR, J.R., 1982. Seasonal variations in the chemical composition and condition indices of pacific oyster, *Crassostrea gigas* grown in trays or on the sea bed. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 39 : 1084-1094.

YOO, S.K., YOO, M.S. and BARK, J.N., 1972. Biological studies on oyster culture (I) Growth of the *Crassostrea gigas*. Bull. Pusan Fish. Coll., 12 (2) : 1-14.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 193 à 207

INFLUENCE DES FACTEURS CLIMATIQUES SUR LA PRODUCTION CONCHYLICOLE DU BASSIN DE MARENNES-OLERON

par

Maurice HERAL, Jean PROU, Jean-Marc DESLOUS-PAOLI

IFREMER, Laboratoire Aquaculture
B.P. 133, 17390 LA TREMBLADE (FRANCE)

ABSTRACT.

The authors are comparing the recruitment, the commercialised production, the cultivated biomasses of oysters *Crassostrea angulata* and *Crassostrea gigas* with the statistics of the meteorology (1885-1984). The temperature plays a role up on the date of spawning but partialy explains the lack of recruitment, which has less impact on the commercialised production than on the total biomass. The annual and seasonal characteristics of the precipitations and water temperatures do not show tight correlations with the variations of the production and of the biomass, for these cultivated populations in opposition with the sensitivity of the natural molluscan populations towards the climatic factors.

KEY-WORDS : *Crassostrea angulata, Crassostrea gigas,* production, biomass,recruitment, meteorology.

RESUME.

Les auteurs mettent en relation le recrutement, les productions commercialisées, les stocks en élevage des huîtres *Crassostrea angulata* et *Crassostrea gigas* avec les statistiques de la Météorologie Nationale pour les années correspondantes : 1885-1984. La température agit sur la date de ponte mais n'explique que partiellement les défauts de recrutement qui présentent moins d'impact sur la production commercialisée que sur le stock d'huîtres. Les caractéristiques annuelles et saisonnières des précipitations et des températures de l'air ne montrent pas de corrélations étroites avec les variations de la production et du stock pour ces populations cultivées contrairement à la sensibilité des populations naturelles de mollusques vis à vis des facteurs climatiques.

MOTS CLES : *Crassostrea angulata, Crassostrea gigas,* production, biomasse, recrutement, météorologie.

INTRODUCTION.

Un certain nombre d'auteurs ont étudié l'influence des caractéristiques climatiques sur des populations de poissons mais rares sont les travaux sur les mollusques. Ainsi Dow (1972) met en évidence que l'importance des apports de pêche de *Mya arenaria* dans l'état du Maine est inversement corrélée avec la moyenne annuelle de la température de l'eau lors du recrutement (5 ans auparavant) et positivement pour *Mercenaria mercenaria.* Dow (1981) précise ces résultats pour ces mêmes espèces et montre que l'importance de la pêcherie du Maine de *Plactopecten magellanicus* est directement contrôlée par les températures annuelles les plus basses. Ce même auteur, en 1983, calcule des coefficients de corrélation positifs hautement significatifs pour *Crassostrea virginica* dont l'abondance de la pêche est fonction des températures élevées au moment du

recrutement alors que pour *Mytilus edulis* l'abondance de la récolte est dépendante des périodes froides. Parallèlement Ulanowicz et al. (1982) ont construit un modèle de variations d'abondance de *Mya arenaria* dans le Maryland avec une régression multiple intégrant les écarts cumulés de température d'eau de l'année antérieure et les écarts cumulés de la salinité de l'année n-2. Par contre on peut se poser la question de savoir si un stock cultivé est autant dépendant des facteurs climatiques. L'homme par son intervention à tous les niveaux, du recrutement à la production, s'est-il affranchi des variations climatiques, exception faite des accidents météorologiques majeurs ?

1. Données disponibles.

1.1.- Production d'huîtres.

La production d'huîtres creuses du bassin de Marennes-Oléron a été estimée de 1885 à 1984 par trois approches différentes (Héral et al., 1986). L'analyse des différentes sources statistiques est réalisée, les données sont comparées et la validation des résultats aboutit à la figure 1. Ainsi vingt ans après son implantation dans l'estuaire de la Gironde, la production de *Crassostrea angulata* dépasse 10.000 tonnes dès 1890 et est principalement due à la pêche sur des gisements naturels. Progressivement le captage et la culture se développent particulièrement après 1925, période où l'huître plate indigène disparait; la production d'huîtres creuses atteint alors 30.000 tonnes. Jusqu'en 1940-1945 l'augmentation de la production est régulière pour atteindre un maximum de 50.000 tonnes. Elle tend ensuite à se stabiliser à ce chiffre avant de décliner de 1957 à 1972 (24.000 tonnes). Ce déclin correspond à l'apparition de deux épizooties chez l'huître *Crassostrea angulata*. L'introduction de l'huître japonaise *Crassostrea gigas* permet alors un redémarrage rapide de la production qui culmine en 1979 à 45.000 tonnes puis décroît pour atteindre 30.000 tonnes en 1985

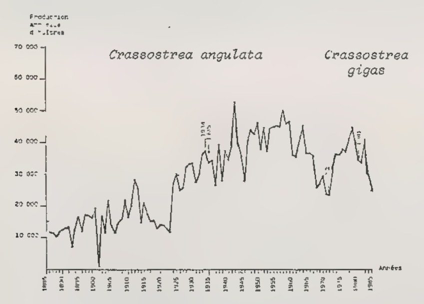


Fig. 1 : Evolution de la production annuelle d'huîtres creuses élevées dans le bassin de Marennes-Oléron.

1.2. Stocks d'huîtres cultivées.

Les stocks d'huîtres d'élevage du bassin de Marennes-Oléron ont été simulés, pour la période considérée, à partir de la courbe de production en tenant compte de l'évolution des rendements des huîtres cultivées : croissance et mortalité, et des importations (Héral et al., (à paraître). La courbe de l'évolution des stocks en élevage (fig. 2) met en évidence qu'ils oscillent autour de 20.000 tonnes jusqu'en 1925 et croissent progressivement pour atteindre 100.000 tonnes en 1943. Une brusque augmentation après la guerre, entraîne un haut niveau des stocks variant autour de 180.000 tonnes de 1950 à 1965. Les deux épizooties provoquant une rapide baisse tandis que la biomasse de *Crassostrea gigas* croît pour plafonner dès 1974 autour de 80.000 tonnes.



Figure 2 : Evolution des stocks d'huîtres *Crassostrea angulata* et *Crassostrea gigas* cultivées dans le bassin de Marennes-Oléron.

2. Données météorologiques.

2.1. Températures air-eau.

Les températures de l'eau, relevées tous les 15 jours dans le bassin de Marennes-Oléron (Héral et al., 1984) sont en relation directe avec les températures de l'air (fig. 3). L'été, les températures de l'air et de l'eau coïncident. L'hiver le pouvoir tampon de l'eau de mer, lié à son volume, quoique restreint, dans le bassin de Marennes-Oléron, entraîne des températures d'eau nettement supérieures à celles de l'air (DT maxi 5° C). En raison de l'absence de longues et complètes séries historiques sur la température de l'eau, il est cependant possible d'utiliser les températures de l'air en se rappelant qu'elles augmentent les écarts été-hiver et qu'elles amplifient nettement les périodes froides de courtes durées.

2.2. Température air

Angot établit dès 1885 un catalogue des observations météorologiques faites en France. Pour la Charente-Maritime ce relevé a été complété et mis à jour en 1926. Ainsi, si les premières observations ont été réalisées dès 1778 il n'existe que des séries partielles pour toutes les stations de Charente-Maritime. Ce n'est par exemple qu'après 1945 que la station du laboratoire de

La Tremblade fonctionne sans discontinuité et il faut attendre 1949 pour que la station de La Rochelle devienne une station de la Météorologie Nationale.

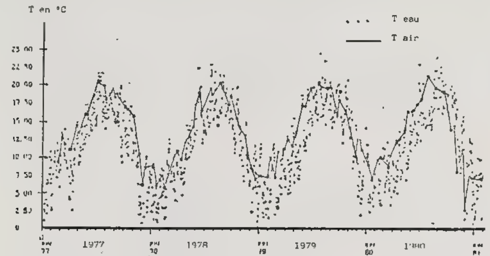


Figure 3 : Evolution des températures moyennes de l'air (.) et de l'eau (-) dans le bassin de Marennes-Oléron.

pour constituer une série chronologique continue et homogène de 1885 à 1984 les stations de Bordeaux distantes de 120 km du bassin de Marennes-Oléron ont été retenues (Fig. 4) : Floirac de 1880 à 1923, Villenave d'Ornon de 1923 à 1950, Bordeaux-Mérignac de 1951 à 1984.

La confrontation des moyennes mensuelles sur 30 ans (1951-1980) de Bordeaux et de La Tremblade montre pour les températures une valeur légèrement plus chaude pour Bordeaux (+ 0,8°C) (tableau 1). En hiver, les températures sont très voisines mais en été l'écart est plus élevé (+ 1°C) dû à la tendance continentale et à la localisation plus au sud de Bordeaux. Pour la pluviométrie, la moyenne des précipitations annuelles est identique entre les deux stations (tableau 1). La Tremblade présente des hivers plus pluvieux (+ 20 mm) alors qu'en été, Bordeaux a des pluies plus abondantes dues à la fréquence des orages (+ 20 mm).

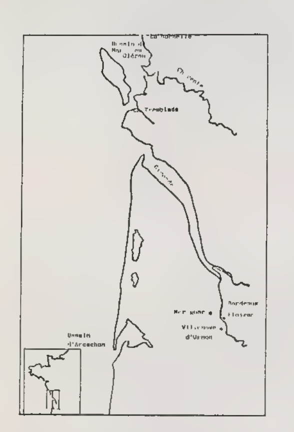


Figure 4 : Localisation des stations météorologiques

Températures	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	moy. ann.
Bordeaux	5,9	6,9	9,3	11,6	15	18,1	20,2	20,2	18,2	14	9	6,7	12,9
La Tremblade	5,3	7,0	9,1	10,5	13,7	16,9	18,9	18,9	17,0	13,4	8,3	6,8	12,1
Précipitations	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	total
Bordeaux	99,7	86,0	73,8	59,5	69,7	64,5	54,2	64,1	79,6	82,6	95,6	103,9	864
La Tremblade	121,1	91,1	77,2	47,5	81,9	59,5	43,8	43,5	46,2	82,3	69,4	96,6	860

Tableau 1 : Comparaison des températures moyennes exprimées en °C et des pluviométries moyennes exprimées en mm pour les stations de Bordeaux et de La Tremblade pour la période 1951-1980.

3. Résultats.

3.1 Température.

L'évolution des moyennes des températures annuelles montre des fluctuations importantes. L'application de moyenne mobile d'ordre 5 ($y = \frac{y^{n-2} + y^{n-1} + y^{n} + y^{n+1} + y^{n+2}}{5}$) met en évidence des variations cycliques avec un réchauffement notable au début du siècle et dans les années 1940-1948. ce dernier réchauffement déja signalé par Le Roy Ladurie (1983) n'est que passager et il n'est pas mis en évidence de tendance au réchauffement à l'échelle du siècle contrairement à ce qui a été trouvé pour le Nord de l'Europe et de l'Amérique du Nord (Mitchell, 1963 *in* Le Roy Ladurie 1983).

3.2 Précipitations

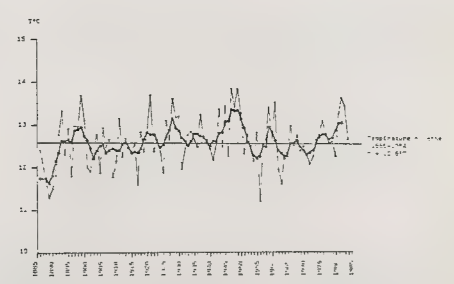


Figure 6 : Evolution des moyennes annuelles de la température de l'air, valeurs brutes (+) et moyennes mobiles d'ordre 5 (.)

Les fluctuations des précipitations annuelles oscillent autour de la moyenne de 849mm En deux ans, on passe d'un extrême (219mm en 1952) à l'autre (493mm en 1953). Les périodes plus chaudes mises précédemment en évidence correspondent à des années consécutives où les précipitations sont plus faibles.

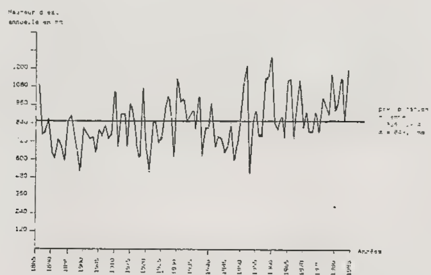


Figure 7 : Evolution des précipitations moyennes annuelles (stations de Floirac de 1886 à 1940, de Villenave d'Ornon de 1941 à 1950 et de Bordeaux Mérignac de 1950 à 1984).

3.3. Recrutement

Le laboratoire effectue depuis 1929 (Chaux-Thévenin, 1929) des numérations de larves d'huîtres présentes au-dessus des zones de captage avec un suivi hebdomadaire voire bihebdomadaire en période estivale. A partir de ces données d'abondances larvaires et du suivi du captage, il est mis en évidence chez *Crassostrea angulata* que deux années successives 1934 et 1935 ont présenté un fort déficit de recrutement.

De même pour *Crassostrea gigas* les années 1972 et 1981 sont caractérisées par un captage irrégulier, très faible, ou nul dans certains secteurs.

Il est généralement considéré que la température, chez les mollusques, présente une action directe sur les géniteurs en jouant sur la vitesse de la gamétogénèse (Lubet, 1980). Ainsi la somme des degrés-jour, c'est à dire la quantité de chaleur nécessaire pour le développement de la gamétogénèse est mise en relation, mois par mois, avec la date de ponte pendant la période concernée par le cycle d'élevage de *Crassostrea gigas* (1971-1984) (tableau 2). La date de ponte est déterminée par la détection des premières émissions larvaires abondantes du bassin.

	septembre	octobre	novembre	décembre	janvier	février	mars	avril	mai	juin
r	0,135	0,028	0,041	- 0,011	- 0,263	- 0,485	-0,202	0,192	-0,152	- 0,472

Tableau 2 : Coefficients de corrélations entre la date de ponte et la somme des degrés-jour de chaque mois pour l'huître *Crassostrea gigas* (1971-1984) r à 95 % = 0,532.

Les coefficients des mois de septembre, octobre, novembre sont très faibles et de signe contraire signifiant ainsi une indépendance de la gamétogénèse vis à vis des températures automnales. Il en est de même pour les mois de mars et avril. Par contre, la somme des degrés-jour du mois de février et celle du mois de juin sont assez fortement corrélées avec la date de ponte ainsi les températures du mois de février joueraient un rôle de déclenchement de la gamétogénèse et celles du mois de juin, supérieures à 15°C agiraient sur la vitesse de la gamétogénèse. La variable expliquée dans la régression multilinéaire est la date de ponte et les variables explicatives sont les sommes de degrés-jour de chaque mois, sélectionnées par ordre de coefficient de corrélation décroissant selon la méthode de Blanc et Leveau (1973). Le test F est appliqué à chaque variable pour vérifier sa significativité et voir le gain de variance extrait par le paramètre supplémentaire, entraînant ainsi une diminution significative de l'erreur résiduelle.

$$y = 297{,}7 - 0{,}13\ T\ \text{fév.} - 0{,}11\ T\ \text{juin} \quad r = 0{,}71$$

La durée de la gamétogénèse et la date de ponte sont expliquées avec 51% de variance pour les sommes des températures des mois de février et juin. L'adjonction de mois supplémentaires n'entraîne qu'un faible gain de variance. Il semble donc que d'autres facteurs que la somme des degrés-jour influent sur la gamétogénèse avec un poids non négligeable. Le cumul de la somme des degrés-jour de chaque mois de février à la date de ponte est calculé pour chaque année (tableau 3). La valeur moyenne (2390° jours) est du même ordre de grandeur que celle trouvée par Muranata et Lannan (1984) pour *Crassostrea gigas* conditionnée à des températures de 18 à 22° C pour des salinités de 20 à 30‰

année	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	$\bar{m}$	σ
jour de ponte	224	212	207	205	210	196	216	220	222	207	234	200	212	214	213	70
° jour	2510	2277	2179	2186	2362	2267	2459	2452	2541	2185	2898	2281	2472	2349	2387	184

Tableau 3 : Date de ponte et somme des degrés-jour de février à la date de ponte pour l'huître *Crassostrea gigas* (1971-1984).

La date de ponte est comprise à 95 % entre le 193ème jour et le 233ème jour soit un écart de 40 jours, trop grand pour pouvoir assurer une prédiction précise. Comme la gamétogénèse est dépendante à la fois de la température et du temps d'exposition à la température, la notion de degrés-jour a été développée. Ainsi Mann (1979) étudie les besoins en degrés-jour pour atteindre la ponte chez *Crassostrea gigas* en utilisant la formule suivante :

$$D = d\ (t - t_o)\ (1)$$

où D est le besoin en degrés-jour, d est le nombre de jours de maturation nécessaires pour atteindre le stade de ponte, t est la température moyenne à laquelle les huîtres sont exposées et t_o est la température en dessous de laquelle il n'est pas constaté de développement des gonades. La résolution de (1) donne t_o - 10,55 et D - 592 jours. De même Devergee (in Lubet, 1980) d'après les travaux menés dans l'écloserie commerciale de la Satmar sur la durée du conditionnement d'huîtres *Crassostrea gigas* trouve que pour une huître du milieu naturel, prelevée au début du

mois de février, il lui faut 748° jours avant de pouvoir déclencher une ponte. Dans le bassin de Marennes-Oléron, comme les températures de février sont corrélées avec la date de ponte, le nombre de jours de maturation (d) est calculé à partir du 1er février, la température moyenne (t) est de 12°7 C. La résolution de l'équation (1) avec D de Devergee donne t_o égal à 8,6°C et avec D de Mann t_o est égal à 9,5°C. Ces températures correspondent à celles de fin février début mars. Le premier développement observable des gonades débuterait à cette période ce qui n'exclut pas une influence des températures antérieures sur les mécanismes de déclenchement de la gamétogénèse.

Par l'examen des caractéristiques thermiques des années présentant un défaut de recrutement et par calcul des écarts thermiques par rapport à la moyenne (1885-1984), les anomalies thermiques sont mises en évidence (fig. 8). L'année 1934 est caractérisée par des températures inférieures à la normale pendant toute la phase de développement des gamètes d'avril à juillet. En 1934-1935, il apparaît un déficit thermique important en décembre et en juin-juillet. Par contre, pour 1972, le seul déficit notable est en février-mars et en 1981 en mars et avril.

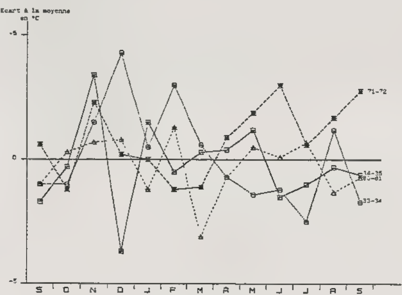


Figure 8 : Ecarts thermiques par rapport à la moyenne pour les années 1933-34 (⊟), 1934-35 (□), 1971-72 (⌧), 1980-81 (△)

S'il existe un minimum de degrés-jour nécessaire pour la gamétogénèse, la ponte et la survie larvaire nécessitent une température de l'eau élevée supérieure à 16°C pour *C. angulata* (Marteil, 1976) et supérieure à 18° C pour *C. gigas* (Mann, 1979). Les conditions optimales des températures pour assurer la meilleure croissance des larves étant de l'ordre de 22° C pour *C. angulata* et de 23°C pour *C. gigas* (Marteil, 1976). Ceci explique la non reproduction régulière de *Crassostrea gigas* en France au Nord de la Rochelle. Pour *C. angulata*, en 1934 et 1935, les températures des mois de juillet , août et septembre sont particulièrement basses, de même au mois d'août et septembre en 1981 pour *C. gigas*.

L'impact des défauts de recrutement sur la production (fig. 1) n'est guère sensible après 1934-1935, les ostréiculteurs ont pallié à ce déficit par l'importation de jeunes huîtres du Portugal. Cependant ces deux déficits ont un effet sur l'évolution du stock qui présente un épaulement marqué en liaison avec ce défaut de recrutement (fig. 2). En 1972, le non captage de *Crassostra gigas* ne modifie guère l'évolution des courbes de production et de stock, l'importation massive de naissain du Japon pour la reconstitution du cheptel comblant le non recrutement. Par contre en 1981, le défaut de captage induit une baisse de production 3 ans après, liée au temps de croissance, avec un effet cependant moins marqué sur les stocks, la classe d'âge suivante (1982) étant très abondante.

4. Production.

La mise en relation des productions annuelles commercialisées de l'ensemble des années avec la température de l'année de production (n) montre une liaison significative à 95 %. La production étant dépendante du niveau d'exploitation du bassin, elle est séparée en 4 périodes caractéristiques de l'état des cultures pour mettre en évidence si un de ces états est plus dépendant des facteurs climatiques : cueillette et début de l'ostréiculture (1886-1923), augmentation rapide des stocks (1924-1944), production maximale de *Crassostrea angulata* (1945-1969), production maximale de *Crassostrea gigas* (1974-1984). Aucun de ces résultats n'est significatif pour la température et pour la pluviométrie (tableau 4).

Production	Prod n 1885-1984	Prod. n 1886-1923	Prod n 1924-1944	Prod n 1945-1969	Prod n 1974-1984
T°n	0,251	0,163	0,222	0,083	- 0,284
T^{n-1}	0,190	0,059	0,102	- 0,133	- 0,264
T^{n-2}	0,134	- 0,037	- 0,285	- 0,146	- 0,107
T^{n-3}	0,162	- 0,058	- 0,234	- 0,091	- 0,156
$T^{n+..n-3}$	0,273	0,017	- 0,248	- 0,010	- 0,423
Pn	0,297	0,097	- 0,423	0,066	- 0,252
P^{n-1}	0,277	- 0,027	- 0,120	- 0,053	0,286
P^{n-2}	0,279	0,365	0,079	- 0,330	- 0,308
P^{n-3}	0,235	0,213	0,207	- 0,347	- 0,322
$P^{n+..n-3}$	0,476	0,493	- 0,381	- 0,433	- 0,482
r 95 %	0,205	0,326	0,423	0,368	0,602
r 99 %	0,267	0,418	0,537	0,496	0,735

Tableau 4 : Coefficients de corrélations entre les variables météorologiques annuelles et la production d'huîtres avec un décalage de temps variable de 1 à 4 ans.

Comme la température et la pluviométrie peuvent jouer sur le recrutement mais aussi sur la vitesse de croissance, des corrélations décalées sur 4 ans (n à n-3) sont établies ainsi que l'action cumulée de la température sur la croissance pendant les 4 années. Il n'apparaît pas de

résultats significatifs pour la température exception faite de la température cumulée.

Par contre, pour la pluviométrie, des corrélations significatives à 99 % sont trouvées pour l'ensemble des années, pour l'année n-2, n-3 et pour le cumul des 4 années (r - 0,478). Les relations ont lieu lors du début de l'ostréiculture de *Crassostrea angulata* (1886-1923) en particulier pour l'année (n-2) c'est à dire l'année du recrutement. On peut avancer l'hypothèse d'une relation entre l'abondance du recrutement et les fortes pluviométries, relation qui n'est plus mise en évidence lorsque la culture se développe avec une maîtrise plus grande du captage.

L'analyse des moyennes des températures annuelles et des précipitations totales annuelles peut être non discriminante comme Héral et Lemonnier (1977) l'ont mis en évidence, il peut être nécessaire dans le cadre de relations entre analyse météorologique et production de descendre plus loin dans l'analyse des séquences et retenir les variations saisonnières voire mensuelles.

P	année n				année n-1				année n-2				année n-3			
	Printemps	Ete	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Hiver
1890-1923	- 0,214	- 0,073	0,071	0,273	- 0,030	0,066	0,158	0,174	- 0,206	0,040	0,142	0,151	0,237	- 0,228	- 0,179	0,066
1924-1944	0,534	0,192	- 0,090	- 0,232	0,532	0,207	- 0,021	- 0,304	0,124	- 0,091	0,020	0,024	- 0,221	- 0,275	0,024	0,357
1945-1969	0,251	0,077	- 0,316	0,020	- 0,166	0,015	- 0,162	- 0,094	- 0,033	- 0,098	- 0,219	-0,059	0,018	0,130	0,020	0,165
1974-1984	- 0,547	- 0,149	- 0,004	- 0,154	- 0,244	- 0,381	0,214	0,407	0,579	- 0,116	0,181	- 0,163	0,632	0,397	- 0,048	0,093
1980-1984	0,146	- 0,069	0,096	0,194	0,142	- 0,070	0,062	0,160	0,140	- 0,111	0,027	0,156	0,177	- 0,130	0,047	0,232

Tableau 5 : Coefficients de corrélations entre les températures saisonnières et la production d'huîtres avec leur décalage de temps de 1 à 4 ans.

Les corrélations entre les températuires saisonnières et les productions des différentes périodes concernées avec un décalage variable de 1 à 4 ans (tableau 5) mettent en évidence :

- pour l'année n : une corrélation positive pour la température du printemps pendant la période 1924-1944.
- pour l'année n-1 : une corrélation positive pour la température de printemps pendant la période 1924-1944.
- pour l'année n-2 : le coefficient de corrélation le plus élevé est celui du printemps pour la période 1974-1984.
- pour l'année n-3 : le coefficient de corrélation le plus élevé est celui du printemps pour la période 1974-1984.

Il apparaît ainsi qu'il semble exister une tendance, quoique non constante selon les périodes entre la température du printemps (mars à juin) et le volume annuel d'huîtres adultes commercialisées.

5. Biomasse

La biomasse totale d'huîtres d'élevage est indépendante de la moyenne de la température annuelle pour l'année n, n-1, n-2 et n-3, comme pour la production annuelle, et n'est corrélée

qu'avec la température cumulée 4 années antérieures négativement de 1924 à 1944 et positivement pour *Crassostrea gigas* de 1974 à 1983. Comme pour la production, la pluviométrie est en liaison étroite avec les stocks du début de la période de l'ostréiculture (1886-1923) et plus particulièrement en liaison avec le recrutement (n-2) (tableau 6).

Biomasse	Stock n 1885-1984	Stock n 1866-1923	Stock n 1924-1944	Stock n 1945-1969	Stock n 1974-1983
T°n	0,150	0,169	- 0,194	- 0,146	0,138
Tn-1	0,150	0,044	- 0,171	- 0,174	0,384
Tn-2	0,164	- 0,013	- 0,273	0,040	0,415
Tn-3	0,174	- 0,028	- 0,057	- 0,091	0,306
Tn+...n-3	0,242	0,029	- 0,788	-0,099	0,759
Pn	0,263	0,091	- 0,291	- 0,001	0,545
Pn-1	0,237	0,075	- 0,046	0,028	- 0,111
Pn-2	0,210	0,358	- 0,113	0,042	0,019
Pn-3	0,203	0,159	- 0,095	- 0,010	- 0,016
Pn+...n-3	0,402	0,538	-0,454	- 0,092	- 0,127
r 95 %	0,205	0,325	0,425	0,388	0,707
r 99 %	0,267	0,418	0,637	0,496	0,834

Tableau 6 : Coefficients de corrélations entre les variables météorologiques annuelles et le stock d'huîtres avec un décalage de variable de 1 à 4 ans.

La décomposition par séquences caractéristiques met en évidence des liaisons significatives :

- pour l'année n-2 avec la température du printemps pour toutes les années
- pour l'année n-3 avec la température du printemps pour toutes les années avec une sensibilité plus importante pour *Crassostrea gigas* (tableau 7).

B	année n				année n - 1				année n-2				année n-3			
	Printemps	Eté	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Hiver
1890-1923	- 0,205	- 0,076	0,072	0,315	0,067	0,024	0,073	0,167	- 0, 34	0.062	0,169	0,190	0.236	0,211	- 0,133	0,119
1924-1944	0,383	0,033	- 0,295	- 0,228	0,414	- 0,087	- 0,115	- 0,021	0,179	- 0,016	0,164	- 0,012	- 0,006	- 0,018	0,137	0,160
1945-1969	- 0,091	- 0,082	- 0,396	0,104	- 0,098	- 0,230	- 0,191	0,144	- 0,077	- 0,113	- 0,165	0,139	- 0,113	- 0,230	- 0,124	0,171
1974-1984	- 0,129	- 0,652	- 0,177	- 0,020	- 0,051	- 0,435	- 0,120	- 0,451	- 0,193	- 0,169	- 0,273	0,344	0,554	0,366	- 0,152	0,218
1980-1984	0,151	- 0,126	0,079	0,126	0,187	- 0,111	0,068	0,107	- 0,228	- 0,105	0,033	0,135	0,267	- 0,064	0,065	0,079

Tableau 7 : Coefficients de corrélations entre les températures saisonnières et les biomasses totales en élevage avec un décalage de temps de 1 à 4 ans

Les relations mises en évidence entre les variables météorologiques et la biomasse sont les mêmes que celles qui agissent sur la production :

- action de la pluviométrie sur le recrutement pour les stocks sauvages de *Crassostrea angulata.*

- tendance à une liaison entre les températures printanières élevées et l'augmentation des stocks, en particulier pour *Crassostrea gigas.*

6. Discussion

L'étude de l'influence de la température sur la reproduction de *Crassostrea gigas* met en évidence un effet sur la durée de la gamétogénèse avec de fortes corrélations entre la date de ponte et les sommes des degrés-jour des mois de février et de juin expliquant à eux seuls 51 % de la variance de la date de ponte. La somme des degrés-jour en utilisant les résultats de Mann (1979) et de Devergee (in Lubet, 1980), permet de préciser en liaison avec la période de maturation que la température de début de la phase active de la gamétogénèse varie entre 8,6°C et 9,5°C. Ces résultats sont en accord avec les observations de Lubet (1980) qui signale chez *Crassostrea gigas* une quasi indépendance vis à vis de la température hivernale. Devergee montre qu'il n'existe pas de période de repos sexuel pour cette huître. Auger (1976) constate que la gamétogénèse débute chez cette espèce à 7-8°C et Lubet (1980) rappelle que la reprise de l'activité génitale coïncide avec les plus basses températures hivernales (8-9°C), alors que Mann calcule que le début de la gamétogénèse active est à 10,55°C. Par ailleurs, Marteil (1960 *in* Marteil, 1976) et Le Dantec (1968) ont montré qu'un hiver doux et un réchauffement printanier raccourcissent la période de gamétogénèse pour *Ostrea edulis* et *Crassostrea angulata.* L'étude détaillée des années de non recrutement montre un déficit notable soit en période de début de gamétogénèse (1972, 1981) soit en fin de maturation (1934-1935). Par ailleurs, les températures estivales des années (1934-1935 et 1981) sont particulièrement basses ne permettant pas une survie larvaire optimale. Cependant il faut rappeler que la température n'est pas le seul facteur qui joue sur la gamétogénèse. Ainsi Ranson (1936) constate un développement moindre des gonades en 1934 et en 1935, cet auteur l'explique par un déficit nutritionnel des huîtres adultes. De même Deslous-Paoli et al. (1981) mettent en évidence, par rapport à une année de reproduction normale, une baisse notable de la teneur en glucides et en lipides chez les mâles comme chez les femelles adultes de *Crassostrea gigas.* Cette baisse de qualité biochimique des gamètes est mise en relation avec le déficit de nourriture particulaire détritique ou phytoplanctonique qui pourrait être induit par les anomalies thermiques de 1981. Ceci rejoint les travaux de Muranate et Lannan (1984) qui montrent l'influence de la nutrition des géniteurs lors du conditionnement sur le développement des gonades de *Crassostrea gigas.*

La pluviométrie et donc inversement la salinité sont en relation avec l'abondance du recrutement de *Crassostrea angulata* de 1885 à 1924, période intermédiaire entre la pêche et la culture. Ceci rejoint les travaux de Le Dantec (1968) qui met en évidence que la durée de la gamétogénèse, fonction de la température est aussi influencée par la salinité, 28‰ paraît être la salinité optimale pour l'évolution des larves de *Crassostrea angulata.* De même Walne (1974) confirme pour *Crassostrea gigas* que les conditions optimales d'évolution larvaire sont réunies pour une temperature élevée

correspondant à des salinités de 30 à 32 ‰. Cependant pour la période de culture intensive de l'huître portugaise, comme pour celle de l'huître japonaise, aucune relation entre la pluviométrie et le recrutement n'est mise en évidence, ce qui laisse supposer que l'abondance du captage est contrôlée par d'autres facteurs.

La température, en particulier celle du printemps semble jouer sur l'augmentation des productions annuelles et des biomasses d'huîtres en élevage. Ceci rejoint les travaux de nombreux auteurs sur l'observation de la simultanéité entre les phases de croissance des mollusques et l'augmentation de la température permettant de modéliser les fluctuations saisonnières de la croissance linéaire des mollusques (Bodoy, 1982; Hamon, 1983; Bachelet, 1984; Rodhouse et al., 1984). La croissance de la chair étant due principalement aux conditions nutritives alors que la température agit directement sur la croissance de la coquille des huîtres comme Héral et al. (1984) l'ont mis en évidence dans le bassin de Marennes-Oléron.

Les travaux sur les populations de mollusques non cultivés ont montré une dépendance étroite entre facteurs climatiques et abondance des stocks (Dow, 1983). L'influence est due à une variabilité du recrutement liée principalement à la température, en particulier pour les espèces à la limite de leur aire de répartition. Pour la population d'huîtres cultivées du bassin de Marennes-Oléron une relation de même nature n'est pas mise en évidence pour plusieurs raisons principales :

- l'huître portugaise et l'huître japonaise quoique transplantées dans cet écosystème sont des exemples d'implantations réussies car n'étant pas à la limite de leurs extrêmes thermiques, elles assurent un recrutement régulier présentant une moindre sensibilité aux variations du climat, contrairement aux populations de ces deux mêmes espèces implantées au Nord de la Charente-Maritime.
- dans ces populations cultivées, le recrutement est placé sous le contrôle d'une activité humaine. L'abondance du recrutement dépend principalement du nombre de collecteurs posés par les ostréiculteurs , activité régie par des critères sociaux-économiques plutôt que par des variables biologiques ou climatiques contrairement aux populations naturelles.
- l'action de l'homme qui pratique une culture se traduit par ailleurs par une importation massive de juvéniles de secteurs voisins ou de pays étrangers pour pallier aux défauts du recrutement, régulant ainsi les populations commercialisées actuellement.

BIBLIOGRAPHIE.

ANGOT, A., 1895. Premier catalogue des observations météorologiques faites en France, depuis l'origine jusqu'en 1850. *Annales du Bureau Central météorologique de France*, 89 p.

ALGER, C., 1976. Etude de deux variétés de *Crassostrea gigas* Thunberg; leur acclimatation en rivière d'Etel (Morbihan). Thèse doct. sp. Paris VI, 80 p.

BACHELET, G., 1981. Application de l'équation de Von Bertalanffy à la croissance du bivalve *Scrobicularia plana*. *Cahiers de Biologie Marine*, 22 : 291-311.

BLANC, F., LEVEAU, M., 1973. Plancton et eutrophie. Aire d'épandage rhodanienne et Golfe de Fos (traitement mathématique des données). Thèse Etat Sci. nat., Univ. Aix-Marseille II, 161 p.

BODOY, A., 1982. Croissance saisonnière du bivalve *Donax trunculus* (L.) en Méditerranée Nord-Occidentale (France). *Malacologia,* 22 (1-2) : 353-358.

CHAUX-THEVENIN, H., 1929. Observation sur la reproduction des huîtres portugaises dans la région de Marennes. *Rev. Trav. Off. Pêches,* 2 (1) : 103.

DESLOUS-PAOLI, J.M., HERAL, M., BERTHOME, J.P., RAZET, D., GARNIER, J., 1981. Reproduction naturelle de *Crassostrea gigas* Thunberg dans le bassin de Marennes-Oléron en 1979 et 1981 : aspects biochimiques et énergétiques. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.,* 45 (4): 319-327

DOW, R.L., 1972. Fluctuations in gulf of Maine sea temperature and specific molluscan abundance. *J. Cons. int. Explor. Mer.,* 34 (3) : 532-534.

DOW, R.L., 1981. Influence of sea temperature cycles on the abundance and availability of marine and estuarine species of commerce. *Oceans* 81 conference record, Boston, Vol. 2 : 775-779.

DOW, R.L., 1983. Sea temperature and ocean fish abundance cycles *Marine Technology Society Journal,,* 17 (1) : 42-44.

HAMON, P.Y., 1983. Croissance de la moule *Mytilus galloprovincialis* (Lmk) dans l'étang de Thau : estimation des stocks de mollusques en élevage. Thèse d'Etat Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 331 p.

HERAL, M., LEMONNIER, P., 1977. Météorologie et production de sel dans les marais salants de Guérande : application de l'analyse factorielle des correspondances. *Bulletin de la Fédération thermale et climatique de Bretagne,* 35 p.

HERAL, M., RAZET, D., DESLOUS-PAOLI, J.M., MANAUD, F., TRUQUET, I., GARNIER, J., 1984. Hydrobiologie du bassin de Marennes-Oléron : Résultats du réseau national d'observation : 1977-1981. *Ann. Soc. Sci. Nat. Charente-Maritime,* 7 (2) : 259-277.

HERAL, M., DESLOUS-PAOLI, J.M., RAZET, D., PROU, J., 1984. Essai de mise en évidence *in situ* de paramètres biotiques et abiotiques de l'eau et de l'interface eau-sédiment intervenant dans la production de l'huître *Crassostrea gigas. Océanis,* Vol. 10 (4) : 465-475

HERAL, M., DESLOUS-PAOLI, J.M., PROU, J., 1986. Analyse historique de la production conchylicole du bassin de Marennes-Oléron (France). 4ème colloque scientifique interdisciplinaire Franco-Japonais Océanographie (sous presse (10 p.).

HERAL, M., DESLOUS-PAOLI, J.M., PROU, J., 1986. Estimation of the optimal production of oysters for the bay of Marennes-Oléron (à paraître).

LE ROY LARUDIE, E., 1983. Histoire du climat depuis l'an mil. édit : Champs Flamarion, Paris (Vol. 1), 287 p.

LE DANTEC, J., 1968. Ecologie et reproduction de l'huître portugaise (*Crassostrea angulata,* Lamarck) dans le bassin d'Arcachon et sur la rive gauche de la Gironde. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.* 32 (3) : 237-362.

LUBET, P.E., 1980. Influence des facteurs externes sur la reproduction des mollusques lamellibranches *Oceanis* , 6 (5) : 469-489.

MANN, R., 1979. Some biochemical and physiological aspect of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. *J. mar. biol. Ass. U.K.,* 59 : 95-110.

MARTEIL, L., 1976. Biologie de l'huître et de la moule. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.,* 40 (2) : 149-346

MURANAKA, M.S., LANNAN, J.E., 1984. Broodstosk management of *Crassostrea gigas* : environmental influences an broodstosk conditioning. *Aquaculture,* 39 : 217-228.

RANSON, G., 1936. L'absence de naissain d'huîtres portugaises en 1934 et 1935 dans la région de Marennes. Causes et conséquences. *Rev. Trav. Off. Pêches,* 9 (1) : 67.

RODHOUSE, P.G., RODEN, C.M., HENSEY, M.P., RYAN, T.H., 1984. Resource allocation in *Mytilus edulis* on the shore and in suspended culture. *Mar. Biol.* , 84 : 27-34.

ULANOWICZ, R.E., ALI, M.L., VIVIAN, A., HEINLE,D.R., RICHKUS, W.A., SUMMERS, J.K., 1982. Identifying climatic factors influencing commercial fish and shellfish landings in maryland. *Fishery Bulletin*, 80 (3) : 611-619.

WALNE, P.R., 1974. Culture of bivalve molluscs : 50 years experience at Conway. Buckland Fundation book ed. : 173 p.

******

VIème C O N G R E S

DE LA

S O C I E T E   F R A N C A I S E   D E   M A L A C O L O G I E

T H E M E   V

"P H Y S I O L O G I E - B I O C H I M I E"

* * * * *

Haliotis, 15, 1986
p. 211 à 215

ETUDE EXPERIMENTALE DU SEUIL CALCIQUE CHEZ *POTAMOPYRGUS JENKINSI* (E.A. Smith, 1889), SON ROLE DANS LA DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE DE L'ESPECE

par

C. VAREILLE-MOREL,
Equipe de Malacologie Appliquée,
U.E.R. des Sciences Exactes et Naturelles,
123, Avenue Albert Thomas, F-87060 - LIMOGES Cedex

ABSTRACT.

Potamopyrgus jenkinsi (a prosobranch mollusc) can utilise calcium ions as soon as the minimum concentration is reached : 1.9 mg/l for oligocalcic populations and 3.8 mg/l for eucalcic populations.

The minimum concentration for mollusc survival is 1.01 mg/l for oligocalcic solution and 2.51 mg/l for eucalcic solution.

One can therefore fear that calcium, associated with other factors, is more or less limiting in our oligocalcic region, therefore justifying the stopping of the spread of the species noted in Limousin.

RESUME

Notre travail montre que *Potamopyrgus jenkinsi* (Mollusque Prosobranche) est capable d'absorber le calcium présent dans le milieu dès la concentration minimale de 1,9 mg/l pour les populations oligocalciques et de 3,8 mg/l pour les populations encalciques.

La concentration minimale d'équilibre compatible avec la simple survie du mollusque est de 1,01 mg/l en milieu oligocalcique et de 2,51 mg/l en milieu eucalcique.

On peut donc craindre que, associé à d'autres facteurs, le calcium ne devienne plus ou moins limitant dans notre région oligocalcique, justifiant ainsi l'arrêt de la progression de l'espèce constaté en Limousin.

INTRODUCTION

Lors de recherches antérieures, il a été montré que *Potamopyrgus jenkinsi* pouvait constituer un compétiteur de choix dans le contrôle des mollusques vecteurs de distomatoses, et en particulier de *Lymnaea truncatula*, hôte indésirable de *Fasciola hepatica* (RONDELAUD, 1977). Toutefois, le Prosobranche manifeste, dans nos biotopes limousins, des difficultés, voire une impossibilité, d'implantation à long terme (VAREILLE-MOREL, 1981). Sa limite naturelle d'extension géographique correspondant sensiblement à la zone de contact calcaire-cristallin entre la Dordogne et le Limousin, il nous a paru légitime de songer à l'influence du facteur calcium de l'eau sur cette répartition.

Le présent travail définit l'économie calcique de l'animal et met en évidence le seuil calcique, c'est-à-dire la concentration minimum compatible avec la vie du mollusque.

MATERIEL ET METHODES.

Matériel animal.

Les mollusques utilisés dans le cadre de ce travail proviennent, d'une part d'une population issue d'une station éucalcique de Dordogne (Saint-Martial d'Albarède) avec 107 mg/l de calcium, et d'autre part d'une population issue d'une station oligocalcique limousine (La Judie, commune de Saint-Martin le Vieux) avec 17 mg/l de calcium.

Les mollusques ont une hauteur moyenne de coquille de 5 mm, et un poids total moyen de 16,5 mg.

Ces animaux sont placés en stabulation au laboratoire et nourris normalement avec des feuilles de laitue. Par contre, pendant la durée des expériences, les mollusques sont laissés à jeûn.

Méthodologie.

A - Economie calcique.

Des lots de 10 *P. jenkinsi* sont placés dans des bains de 100 ml d'eau artificielle dont les concentrations en ions calcium s'échelonnent de 1 mg/l à 40 mg/l. Cette eau comprend aussi les éléments suivants : Na = 16,6 mg/l; k = 5,8 mg/l; Mg = 9,5 mg/l; Cl = 16,7 mg/l. Son pH varie de 7 à 7,8.

Chaque concentration calcique testée porte sur deux lots de *P. jenkinsi* , soit un lot par population.

L'expérience est conduite durant 4 jours, soit 96 heures. Des prélèvements d'eau sont effectués à intervalles réguliers de 12 h en 12 h. et leur concentration calcique dosée par complexométrie en présence de calcéine.

L'expérience est renouvelée 10 fois pour chaque concentration testée.

B - Seuil calcique.

Nous nous sommes basés pour cette expérience sur le protocole décrit par CHAISEMARTIN (1963) à propos d'*Astacus pallipes*. Le principe est le suivant :

Un animal placé dans une eau artificielle acalcique perd du calcium jusqu'à une certaine concentration. Par un phénomène de compensation, l'animal réabsorbe du calcium. S'il est alors transféré dans un nouveau bain acalcique, il se produit une nouvelle perte, puis un nouvel équilibre inférieur au précédent. A un certain moment cependant, la valeur de la concentration calcique de l'eau ne peut plus être diminuée.

Deux lots de 10 *P. jenkinsi*, de même origine que précédemment, sont placés dans des bains de 30 ml d'eau artificielle acalcique renouvelée toutes les 24 heures. La concentration calcique de chaque bain est alors mesurée par complexométrie.

L'expérience est renouvelée 10 fois.

RESULTATS

Sur l'ensemble des bains expérimentaux définis précédemment, nous avons choisi de représenter sur la figure 1 l'évolution de la teneur moyenne en ions calcium de quatre bains : leurs concentrations calciques initiales étaient respectivement de 1,9 mg/l, de 3,8 mg/l, de 15 mg/l

et de 40 mg/l. Pour la clarté du graphique, nous avons représenté seulement :

- à la concentration de 1,9 mg/l, la courbe de la population qui réalise un échange calcique avec le milieu (population oligocalcique).

- à la concentration de 3,8 mg/l, la courbe de la population eucalcique, celle de la population oligocalcique étant très voisine qualitativement et quantitativement.

Le tableau I regroupe les valeurs de la concentration minimale d'équilibre (en mg/l) obtenues au cours des dix séries d'expérience. Il faut remarquer que ces valeurs ont, dans tous les cas, été obtenues dès le premier renouvellement du bain acalcique, donc dans un laps de temps compris entre 24 et 48 heures.

DISCUSSION.

On constate, sur la figure I, que *P. jenkinsi* gagne du calcium à partir de l'eau dès la concentration calcique externe de 1,9 mg/l pour la population oligocalcique et de 3,8 mg/l pour la population eucalcique. Ces deux concentrations sont minimales. Au-dessous de ces dernières, on n'observe pas d'échange actif.

Le flux entrant a tendance à augmenter avec la concentration en ions calcium, ce qui se traduit par une augmentation de la pente des courbes. Toutefois, ce phénomène reste limité aux 60 premières heures pour les populations oligocalciques et eucalcique placées dans une eau à 15 mg/l. Pour la population oligocalcique placée à 40 mg/l, il se poursuit jusqu'à la 72ème heure.

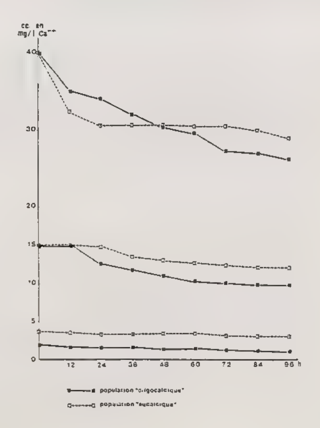


Figure 1 : Evolution de la teneur calcique (valeurs moyennes) de quatre bains (initialement doses à 1,9 mg/l d'ions Ca^{++}, 3,8 mg/l, 15 mg/l et 40 mg/l) pour les deux types de populations.

Pour la population eucalcique placée à 40 mg/l, on constate (a) que la courbe passe au-dessous de la courbe oligocalcique avec une pente très forte jusqu'à la 12ème heure et (b) que dès la 24ème heure, la pente se stabilise à l'horizontale jusqu'à la 72ème heure.

Des observations complémentaires montrent que ce phénomène de stabilisation s'accentue pour des concentrations en calcium du milieu extérieur qui s'établissent en moyenne à 41,3 mg/l pour la population eucalcique et à 15,9 mg/l pour la population oligocalcique.

Le tableau I appelle, quant à lui, les remarques suivantes :

- les écarts à la moyenne sont beaucoup plus larges pour la population oligocalcique (de - 0,16 à + 0,23) que pour la population eucalcique (de - 0,07 à + 0,07). La variabilité individuelle doit jouer un rôle non négligeable à cet égard.

- Les valeurs moyennes de la concentration minimale d'équilibre (2,51 mg/l de calcium pour la population eucalcique et 1,01 mg/l pour la population oligocalcique) sont du même ordre de grandeur que celles trouvées par LAGORCE (1981) pour *Ancylus fluviatilis* (respectivement 3,04 mg/l d'ions Ca^{++} et 1,04 mg/l). Pour LITTLE (1965), la concentration minimale de l'équilibre calcique de *Viviparus viviparus* est un peu plus élevée et atteindrait une valeur moyenne de 8 mg/l.

Des valeurs analogues se retrouvent également chez d'autres Invertébrés de nos eaux limousines. Ainsi VINCENT (1969) avait montré que *Gammarus pulex* pouvait présenter un gain calcique dès la concentration de 1 mg/l et CHAISEMARTIN (1967) avait déjà noté que chez les *Astacidae* des eaux eucalciques, le seuil était toujours supérieur à celui des espèces oligocalciques.

Numéro d'ordre des expériences	Population eucalcique		Population oligocalcique	
	Concentrations en mg/l Ca^{++}	Ecarts à la moyenne	Concentrations en mg/l Ca^{++}	Ecarts à la moyenne
1	2,45	- 0,06	1,24	0,23
2	2,44	- 0,07	0,98	- 0,03
3	2,56	0,05	1,09	0,08
4	2,50	- 0,01	1,02	0,01
5	2,52	0,01	0,89	- 0,12
6	2,54	0,03	0,85	- 0,16
7	2,53	0,02	1,01	0
8	2,49	- 0,02	1,03	0,02
9	2,48	- 0,03	0,99	- 0,02
10	2,58	0,07	1,00	- 0,01
Moyennes	2,51		1,01	
Ecarts-types		0,045		0,106

Tableau I : Les valeurs expérimentales de la concentration minimale d'équilibre calcique

CONCLUSIONS

Nous voyons que 1,9 mg/l de calcium en milieu oligocalcique et 3,8 mg/l en milieu eucalcique sont nécessaires et suffisants à *P. jenkinsi* pour que s'établisse un échange calcique entre l'organisme et le milieu. Cette concentration calcique minimale de 1,9 mg/l, en eau oligocalcique, est largement supléée dans notre station limousine de La Judie (17 mg/l de calcium). Dans d'autres ruisseaux par contre, elle est très approchée (Le Vincou : de 1,3 à 1,7 mg/l, la Couze : 1,6 mg/l = VINCENT, communication personnelle), et on peut craindre que le facteur calcium, associé à d'autres facteurs comme la température (VAREILLE-MOREL, 1985) ne constitue un facteur plus ou moins limitant dans la progression de *P. jenkinsi* en Limousin.

BIBLIOGRAPHIE

CHAISEMARTIN, C., 1963 - La teneur en calcium de l'eau et l'équilibre calcique chez l'écrevisse *Astacus pallipes* (Lereboullet) en période d'intermue. *C.R. Soc. Biol.*, *159*,1214-1217 .

CHAISEMARTIN, C., 1967 - Croissance linéaire globale et relative chez *Astacus pallipes*. *87ème Congr. soc. sav.*,1185-1193.

LAGORCE, D., 1981 - Recherches écophysiologiques sur la croissance, les bilans énergétiques et calciques chez *Ancylus fluviatilis*, bioindicateur des transferts métalliques et de leur impact biocénotique sur la dynamique des populations animales dans un cours d'eau. Thèse 3ème cycle Biol. Physiol. Anim. , Poitiers, 157 p.

LITTLE, C., 1965 - Osmotic and ionic regulation in the prosobranch gastropod mollusc, *Viviparus viviparus L. J. Exp. Biol.*, *43*, 23-37

RONDELAUD,D.,1977- Données expérimentales sur les possibilités compétitives de *Potamopyrgus jenkinsi* Smith vis à vis de *Lymnaea (Galba) truncatula* Müller en Vienne et Haute-Vienne. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, *52*, 411-420

SYMOENS, J.J., DUVIGNEAUD, P., VEN DEN BERGHEN, C., 1951.- Aperçu sur la végétation des tufs calcaires de la Belgique. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, *83*, 329-352

VAN DER BORGHT, O., 1962.- Absorption directe du calcium et du strontium en solution dans le milieu ambiant par un gastéropode dulcicole, *Lymnaea stagnalis*. *Arch. Intgern. Physiol. Bioch.*, *70*, 611-623.

VAN DER BORGHT, O., VAN PUYMBROECK, S., 1964.- Active transport of alcaline earth ions as physiological base of the accumulation of some radio-nucléides in freshwater molluscs. *Nature*, *204*, 533-535.

VAREILLE-MOREL, C., 1979.- Les milieux biotiques du Céou (affluent de la Dordogne). Etude spéciale des dépôts calcaires et de leur rôle. Thèse 3ème cycle Ecol. Gén. Appli., Montpellier, 51 p.

VAREILLE-MOREL, C., 1981.- Contribution à l'étude de *Potamopyrgus jenkinsi* (E.A. Smith, 1889). I. Biotopes et progression actuelle du Prosobranche dans les bassins supérieurs de la Dronne et de son affluent , l'Isle. *Ann. Stat. Biol. Besse-en-Chandesse*, *15*,166-220.

VAREILLE-MOREL, C., 1985.- Résistance du Mollusque Prosobranche *Potamopyrgus jenkinsi* (E.A. Smith, 1889) aux températures croissantes : étude expérimentale. *Ann. Limnol.*, *21*, 19-24

VINCENT, M., 1969.- Teneur en calcium de l'eau et récupération du calcium de la carapace après la mue chez *Gammarus pulex pulex*. *C.R. Soc. Biol.*, *163*, 736-739.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 217 à 230

RELATION ENTRE LA TENEUR EN EAU, L'EXCRETION AZOTEE ET LA THERMO-HYGROMETRIE AMBIANTE CHEZ LE JEUNE ESCARGOT PETIT-GRIS (*HELIX ASPERSA* Müller) (MOLLUSQUE GASTEROPODE PULMONE)

par

Dominique KLEIN-ROLLAIS
Laboratoire de Zoologie générale et d'Ecophysiologie (L.A. INRA)
UNIVERSITE DE RENNES I, Campus de Beaulieu,
Avenue du Général Leclerc, 35042 RENNES-CEDEX

ABSTRACT : Relation between the water content, nitrogen excretion and the ambient hygrometry in the young brown garden snail (*Helix aspersa* Müller) (Gastropoda, Pulmonata).

The brown garden snail (*Helix aspersa* Müller), as in other terrestrial gastropods, has an important water content which is conditioned by environmental factors.

A comparison was made using 3 months old individuals some of which were normally fed whilst others were starved (30 days) and using various thermohydrometric combinations.

The normally fed snails (food + water) behaved normally and their weights increased considerably as they are still growing. Their body-content is about 82% water.

The snails without any water began hydrating and their weights decreased progressively.

The individuals without any food or water lost weight from the beginning; their water content decreases but later seems to become stable. There is a compensation phenomenon which appears when the snails become inactive and retracted in their shells.

Moreover, the terrestrial Pulmonata are uricotelic and there is a correlation between the excreted nitrogen catabolite and water availability. Thus,the normally fed snails excrets uric acid and ammonia, whereas the individuals without water excrete uric acid but no ammonia, a phenomenon which conserves water.

RESUME : L'escargot Petit-gris (*Helix aspersa* Müller), comme tous les Gastéropodes terrestres, a une teneur en eau importante qui dépend des conditions environnementales.

Nous avons donc comparé un lot d'individus âgés de 3 mois, nourris normalement avec d'autres lots d'escargots du même âge, en condition de jeûne prolongé (30 jours) et sous différentes combinaisons thermohygrométriques.

Les escargots normalement nourris (aliment + eau) présentent une activité normale, et leur poids augmente considérablement du fait qu'ils se trouvent en pleine croissance. Leur teneur en eau est d'environ 82 %.

Les escargots ne disposant que d'eau, commencent par s'hydrater de façon excessive, puis leur poids diminue progressivement . Les individus des autres lots (ni aliment, ni eau) perdent du poids dès le début de l'expérience, leur teneur en eau diminue dès le premier jour, mais semble se stabiliser par la suite. Il y aurait donc un phénomène de régulation qui apparaît au moment où les escargots deviennent inactifs et se rétractent dans leur coquille.

De plus, nous savons que les Pulmonés terrestres sont uricotéliques et qu'il existe une corrélation entre la nature du catabolite azoté terminal excrété et la disponibilité en eau. Ainsi, les escargots normalement privés d'eau rejettent de l'acide urique mais pas d'ammoniaque, phénomène qui permet d'économiser de l'eau.

INTRODUCTION.

Les organismes terrestres sont très dépendants des conditions environnementales. Parmi les plus sensibles se trouvent les Gastéropodes car leur tégument humide entraîne une évaporation importante (DAINTON, 1954; MACHIN, 1964). La rapidité avec laquelle les gains et les pertes en eau se font chez l'escargot actif rend impossible le maintien de la teneur en eau à un niveau constant. Toute perte hydrique est alors compensée par un gain qui se fait, soit directement à travers le tégument (DAINTON, 1954; PRIOR, 1982), soit par ingestion

d'aliments plus ou moins hydratés (ARVANITAKI et CARDOT, 1932; BURTON, 1964).

Malgré tout, ces animaux connaissent des périodes de déshydratation lorsque les conditions climatiques sont très défavorables. Cela les oblige à modifier leur comportement pour minimiser les changements hydriques corporels. Ces modifications s'observent à propos de l'activité mais aussi sur le plan physiologique et en particulier au niveau du métabolisme azoté.

MATERIEL ET METHODES.

Les escargots *Helix aspersa* adultes sont récoltés localement pendant la période de reproduction (mai-juin) et élevés en laboratoire sous conditions thermonygrométriques contrôlées (température : 20° C $\pm$ 2° C; hygrométrie : 80 $\pm$ 20 Hr et photopériode de 16 heures de photophase, 8 heures de scotophase). Les jeunes individus que nous utilisons dans nos expériences sont tous issus d'oeufs éclos de la même semaine. Nous avons en effet constaté que la croissance des jeunes escargots dépendait de la période de naissance, d'où la nécessité de travailler sur des individus issus d'une même cohorte. Ils sont élevés en laboratoire sous conditions climatiques optimales, c'est-à-dire une photopériode de 12 heures de photophase, 12 heures de scotophase; une hygrométrie de 80 $\pm$ 2 % Hr et une température de 20 $\pm$ 2°C. Ils disposent d'aliment composé deshydraté et d'un abreuvoir. Les escargots sont âgés de trois mois au moment de l'expérience.

Avant de débuter l'étude, les jeunes Mollusques sont placés sur de la mousse humide pendant 24 heures. On obtient ainsi une hygrométrie et une activité maximale pour chaque individu. Puis nous les replaçons à 80% d'humidité jusqu'à ce que leur poids soit stabilisé. On constate alors que le poids des escargots varie au cours de la journée et de façon cyclique. Mais ces variations corporelles sont minimales entre 8 h et 13 h. Toutes nos pesées se feront donc à 10 h pour éviter les erreurs de mesure dues aux changements journaliers d'hydratation.

Nos expériences ont pour but de montrer que l'escargot *Helix aspersa*, jeune, modifie son comportement et son métabolisme azoté lorsque les conditions sont défavorables. Pour cela, notre échantillon d'individus marqués et pesés est réparti en lots avec des conditions thermohygronométriques et nutritives différentes (Tabl. I).

Ces conditions nous permettent de comparer un échantillon témoin (lot 1) d'escargots normalement nourris sous conditions thermohygrométriques optimales avec des lots d'escargots du même âge en condition de jeûne prolongé (30 jours) et sous des combinaisons climatiques stressantes pour *Helix aspersa*. Les boîtes utilisées (Fig. 1) sont munies d'un faux plancher garni de toile de nylon à mailles très fines. Nous pouvons ainsi placer dans le fond de ces boîtes une solution aqueuse de soude dont la concentration nous permet d'obtenir l'humidité désirée.

Tableau I

Conditions thermohygrométriques et nature de l'alimentation des différents lots d'escargots étudiés.

Lot	Température °C	Hygrométrie %	Photopériode h P/ h S	Apport nutritif
1 = lot témoin	20	80	12/12	aliment + eau
2	"	"	"	eau seulement
3	"	"	"	ni aliment, ni eau
4	"	0	"	ni aliment, ni eau
5	"	80	"	" "
6	"	100	"	" "

(P : Photophase; S : Scotophase)

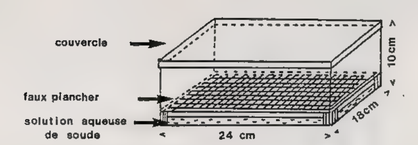


Fig 1 - Schéma d'une enceinte expérimentale.

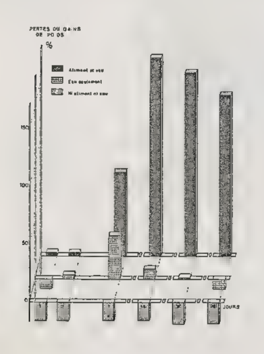
Une fois placés dans ces boîtes (5 individus par boîte), les escargots ne sont manipulés qu'au moment du prélèvement. Il a été en effet constaté que les escargots, en particulier les inactifs, sont très sensibles aux stress mécaniques et qu'ils répondent par une secrétion de mucus qui augmente leur perte en eau (MACHIN, 1965 ; SCHMIDT-NIELSEN et al., 1971). Par contre, leur activité est observée quotidiennement. Après 1, 3, 7,14 et 30 jours de traitement 10 escargots de chaque lot ainsi que les fecès sont prélevés et immédiatement pesés sur une balance Mettler. Ceci nous permet de connaître les gains et les pertes de poids totaux. Puis le corps débarassé de se coquille est a nouveau pesé et, desséché sous vide en présence d'un déshydratant : le chlorure de calcium, puis pesé; on peut ainsi définir la teneur en eau de l'animal. Pour étudier le métabolisme azoté, nous avons dosé les catabolites principaux : l'acide urique, l'ammoniaque et l'urée dans le corps et les fèces deshydratés. L'acide urique a été dosé par spectrométrie différentielle, l'ammoniaque et l'urée selon la technique de diffusion de CONWAY.

RESULTATS.

A - Influence de l'apport nutritif et hydrique sur le comportement et l'excrétion azotée.

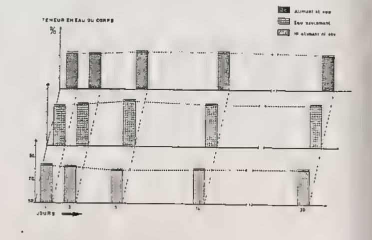
1.- Variations de poids et taux d'hydratation corporelle.

Les escargots témoins disposant de nourriture et d'eau présentent un gain de poids considérable après 3 jours d'adaptation aux enceintes expérimentales. (Fig. 2 A). Leur croissance s'effectue donc normalement et leur teneur hydrique corporelle se maintient à un niveau optimal pendant toute la durée du traitement (c'est-à-dire aux alentours de 82 %). (Fig. 2 B) Les escargots à jeun mais disposant d'eau (lot 2) commencent par gagner du poids pendant la première semaine du traitement. Parallèlement, leur teneur en eau augmente sensiblement. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'au cours de ces 7 premiers jours, les escargots s'abreuvent de façon excessive par rapport aux individus du lot témoin. Par la suite, le poids diminue progressivement et devient inférieur au poids initial après 30 jours de traitement. Mais la teneur en eau corporelle reste toujours légèrement supérieure à celle des escargots du lot témoin. Par contre, les escargots n'ayant ni nourriture, ni eau (lot 3) perdent du poids de façon importante dès le premier jour de traitement. De même la teneur en eau du corps diminue les 3 premiers jours bien que l'hygrométrie ambiante soit de 80 %. Par la suite, la teneur en eau de ces Mollusques à tendance à se stabiliser. Il semble donc que *Helix aspersa* soit capable par un moyen quelconque de freiner sa déshydratation.



A

Fig.2 - Variations de poids (A) et hydratation corporelle (B) des escargots *Helix aspersa* en fonction de l'apport en nourriture et en eau.



B

2.-Réponse comportementale aux stress alimentaire et hydrique.

Les escargots du lot témoin restent normalement actifs pendant toute la durée du traitement, par contre ceux des deux autres lots voient leur activité diminuer progressivement et finissent par se coller aux parois (Fig. 3). Or, nous savons que ces Pulmonés terrestres perdent de l'eau de deux façons : d'une part par le pied et le mucus au cours de la locomotion et d'autre part par évapotranspiration à travers tout le tégument (DAINTON, 1954a).

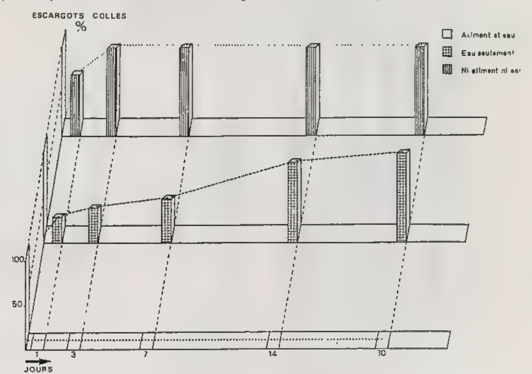


Fig. 3 - comportement des escargots selon l'apport en nourriture et en eau.

L'activité locomotrice diminuant, les escargots des lots 2 et 3 limitent les pertes hydriques pédieuses qui sont très importantes. Puis, le stress hydrique se prolongeant ces Mollusques ont la possibilité de se retirer dans la coquille. De la sorte, leur corps n'est plus exposé à la dessiccation. Par ailleurs, la coquille constituée de matière organique et de carbonate de calcium est presque entièrement imperméable à l'eau et constitue une excellente barrière contre l'évaporation (WILBUR, 1964). L'ouverture de la coquille devient alors le seul site d'évaporation. Aussi, les escargots privés d'eau se collent-ils très fortement aux parois au bout de 15 jours.

3.- Excrétion azotée.

Les escargots sont uricotéliques (CHARRIER et DAGUZAN, 1980). Ceci aboutit à la formation de trois catabolites azotés principaux :l'acide urique, l'ammoniaque et l'urée (NEEDHAM, 1938). Or on admet qu'il existe une relation entre la nature du catabolite azoté terminal et la disponibilité en eau (DELAUNAY, 1927, 1931, 1934). Nous avons donc dosé ces catabolites dans les fèces et le corps après 24 heures de traitement. Au-delà, les escargots des lots 2 et 3 n'excrètent pratiquement plus (Fig. 4).

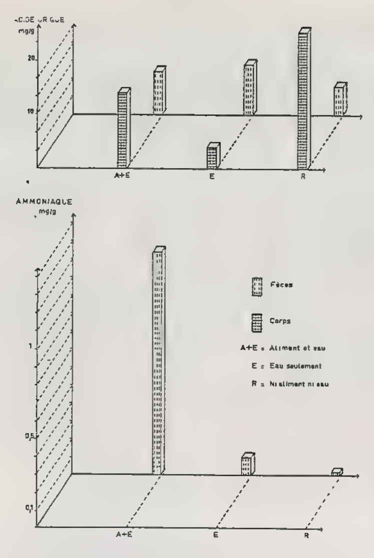


Fig. 4 - Teneur en acide urique et en ammoniaque dans le corps et les féces des escargots après 24 heures de traitement sous différents régimes alimentaires et hydriques.

Les individus du lot témoin ont tendance à rejeter beaucoup d'ammoniaque alors que les escargots des deux autres lots n'en rejettent pratiquement plus. Par contre, les escargots privés de nourriture et d'eau ont tendance à stocker très rapidement de l'acide urique dans leur corps.Or, si nous observons l'évolution du taux d'acide dans le corps des escargots pendant les 30 jours de traitement (Fig. 5), on s'aperçoit que celui-ci a triplé dans les lots 2 et 3 alors qu'il reste inférieur à 20 mg/g, chez les escargots normalement nourris. De même, le taux d'ammoniaque (Fig. 6) à tendance à augmenter jusqu'au 15ème jours mais il reste toutefois très faible et ne dépasse jamais 0,4 mg/g. Au bout de 30 jours, ce taux décline et peut même s'annuler.

Cette première série d'expériences a été effectuée sous conditions hygrométrique élevée et optimale pour les jeunes individus. Aussi, privé de tout apport alimentaire et hydrique, l'escargot a une perte de poids qui reste inférieure à 20 % au bout de 90 jours. Nous lui avons donc imposé un stress supplémentaire en le plaçant en conditions hygrométriques extrêmes (lot 4 et 6).

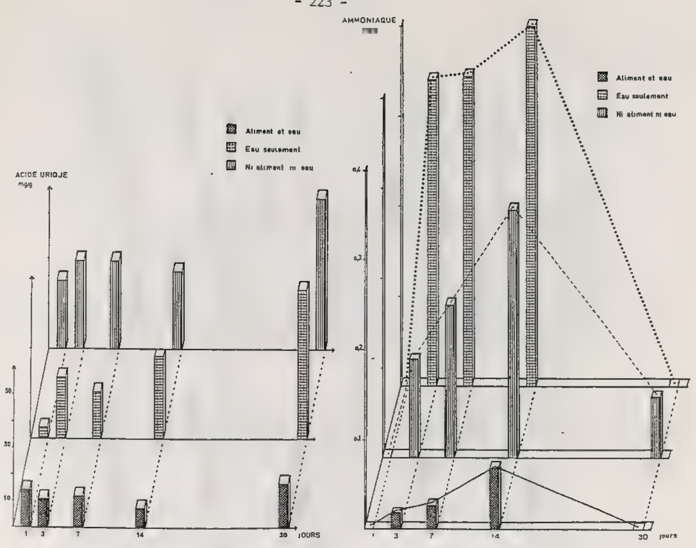


Fig. 5 - Teneur en acide urique dans le corps d'*Helix aspersa* selon l'apport alimentaire et hydrique

Fig. 6 - Teneur en ammoniaque dans le corps d'*Helix aspersa* selon l'apport alimentaire et hydrique.

B - Influence du taux d'hygrométrie sur le comportement et l'excrétion azotée.

1.- Variations de poids et hydratation corporelle (Fig. 7A et B).

Les escargots placés à 80 % d'humidité (lot 5) ont leur poids et leur teneur en eau qui se stabilisent au bout d'une semaine (Fig. 7A et B). Ils se trouvent donc en équilibre avec le milieu ambiant.

Chez les escargots en conditions de déshydratation totale (lot 4) le poids et la teneur en eau se stabilisent au bout de 3 jours mais après 14 jours, le poids diminue à nouveau de façon importante (pertes atteignant 50 % du poids initial au bout de 90 jours) et la teneur en eau devient inférieure à 80 %. Par ailleurs et, contrairement à ce que l'on pourrait supposer, les escargots en surhydratation perdent encore de l'eau. Leur teneur en eau devient même inférieure à celle des escargots placés à 0 % d'humidité au bout de 3 mois. On ne retrouve pas pour ce lot les paliers de stabilisation comme dans les deux autres cas, l'escargot perdant régulièrement du poids pendant toute la durée du traitement.

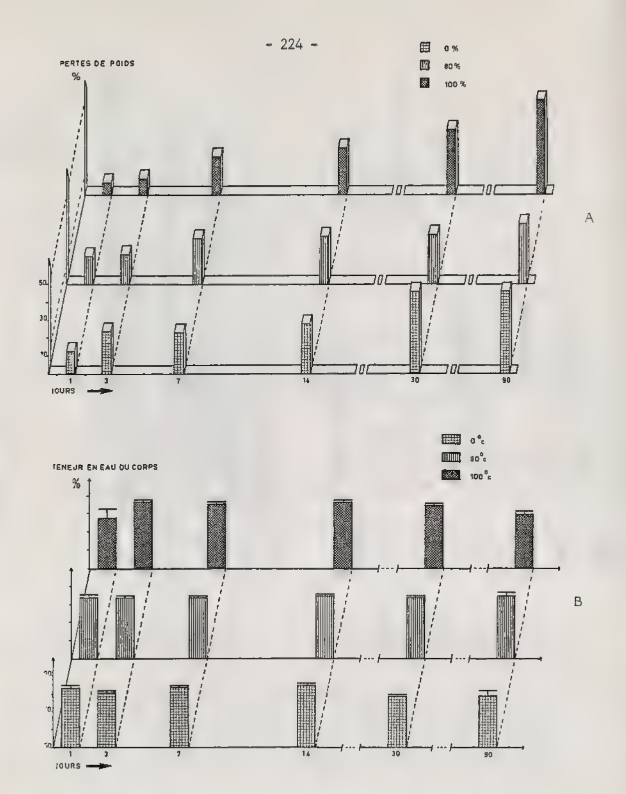


Fig. 7 A et B - Variations de poids et hydratation corporelle chez *Helix aspersa*, privé de nourriture et d'eau en fonction de l'hygrométrie ambiante.

2.- Réponse comportementale aux changements d'hygrométrie ambiante (Fig. 8)

La réaction des escargots est différente selon le taux d'hygrométrie. Les escargots placés à 0 % d'humidité sont totalement inactifs et collés aux parois dès le premier jour de traitement. De plus, ils secrètent un léger voile qui, en obstruant la coquille, constitue une barrière supplémentaire contre les pertes en eau. Par contre, les escargots en surhydratation ne sont jamais complètement inactifs. Ils perdent donc continuellement de l'eau par le pied

et le mucus qu'ils secrètent.

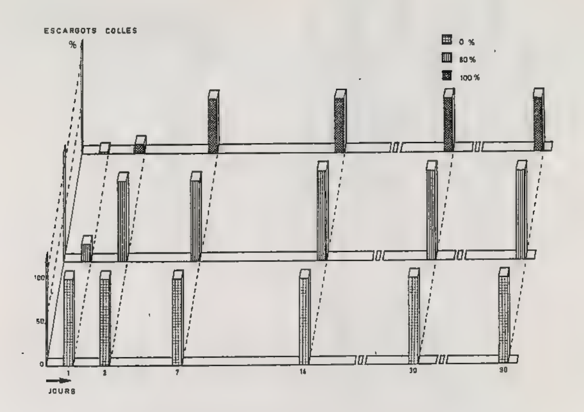


Fig. 8 - Comportement d'*Helix aspersa* selon l'hygrométrie ambiante.

3.- Excrétion azotée.

Le dosage de l'acide urique et de l'ammoniaque dans le corps et les féces au bout de 24 h (Fig. 9) révèle le même phénomène qu'au cours de la première série d'expérience, c'est-à-dire un stockage d'acide urique dans le corps et un rejet faible ou nul d'ammoniaque dans les féces.

Le stockage d'acide urique dans le corps, va en s'amplifiant tout au long du traitement quel que soit le taux d'hygrométrie (Fig. 10). Ce taux quadruple chez les escargots en surhydratation au bout de 3 mois . De même, la teneur en ammoniaque (Fig. 11) tend à s'élever légèrement dans les lots 4 et 6, l'augmentation la plus forte étant observée à 0 % d'humidité. Mais au bout de 90 jours, il n'y a plus trace d'ammoniaque dans le corps d'*Helix aspersa* quel que soit le taux d'hygrométrie.

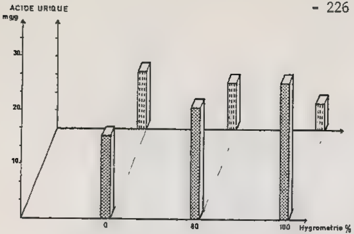


Fig. 9 - Teneur en acide urique et en ammoniaque dans le corps et les fécès d'*Helix aspersa*, après 24 heures de traitement sous différentes hygrométries.

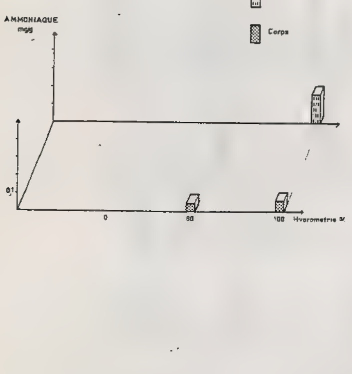


Fig. 10 - Teneur en acide urique dans le corps d'*Helix aspersa*, selon l'hygrométrie.

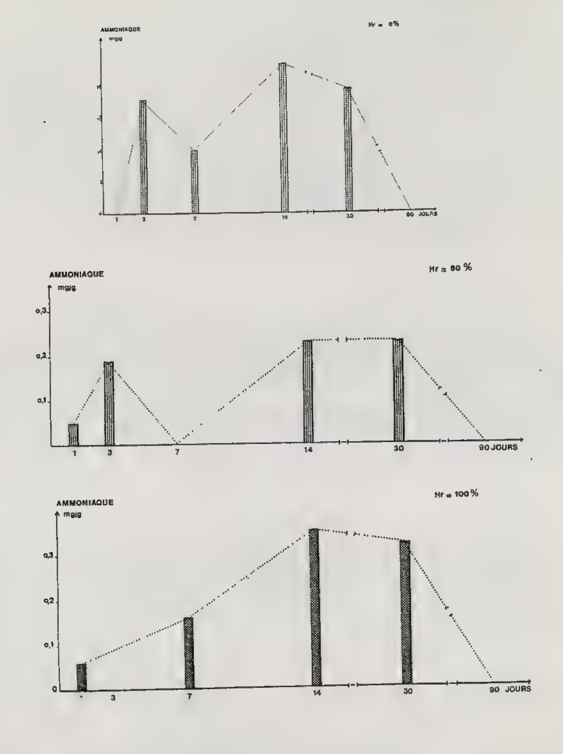


Fig. 11 - Teneur en ammoniaque dans le corps d'*Helix aspersa*, selon l'hygrométrie.

DISCUSSION ET CONCLUSION;

1.- Variations de poids et hydratation corporelle.

La privation de nourriture entraîne naturellement un arrêt de la croissance et même une perte de poids. Mais on observe que les escargots privés également de toute source hydrique perdent plus de poids que ceux disposant d'un abreuvoir bien que l'atmosphère ambiante soit suffisamment humide. L'eau ingérée a donc une importance dans le maintien de la balance hydrique chez *Helix aspersa*. Mais cette régulation se fait surtout à travers le tégument. Aussi l'hygrométrie ambiante a-t-elle une grande importance. Nous avons vu qu'une atmosphère saturée en eau est aussi néfaste à l'escargot qu'une atmosphère desséchée. On constate même que le taux de mortalité est plus élevé à 100 % qu'à 0 % d'humidité. C'est pourquoi, en milieu naturel, les escargots évitent de s'exposer aux précipitations (BARNES et WELLS, 1945b; BLINN, 1963).

2.- Réponse comportementale.

Les Pulmonés terrestres règlent leur activité en fonction de l'eau disponible (ARVANITAKI et CARDOT, 1932; POMEROY, 1968). Ainsi , *Helix aspersa* réagit-il très vite à toutes modifications nutritives ou environementales . Le passage à l'état inactif lui permet de freiner sa déshydratation. Dans le cas des Limaces, bien qu'elles soient également capables de limiter leur surface d'exposition en devenant sphériques, elles perdent rapidement de l'eau et sont complètement desséchées au bout de quelques jours (HOWES et WELLS, 1934b). Le retrait dans la coquille est donc un atout important pour *Helix aspersa* qui peut survivre à 90 jours de traitement sous stress hydrique. Seule, une surhydratation semble empêcher une réaction rapide de l'escargot.

3.- L'excrétion azotée.

Au plan physiologique nous avons vu que l'escargot *Helix aspersa* réagit aussi très rapidement à toutes perturbations. Quels que soient les lots, les réactions sont similaires mais présentent des amplitudes différentes. Ainsi, les escargots inactifs ne rejettent plus d'ammoniaque, ce qui a l'avantage de ne pas provoquer de pertes d'eau. Par contre, la teneur en ammoniaque dans le corps augmente temporairement tout en restant très faible (inférieure à 0,6 mg/g). De nombreuses recherches ont été effectuées sur les variations de la teneur en ammoniaque chez les Pulmonés terrestres à jeun, mais les observations faites à ce sujet sont très différentes. Certains auteurs constatent également une augmentation de la teneur en ammoniaque dans l'hémolymphe (BECKER et SCHMALE, 1975; CHARRIER, 1980). D'autres n'en retrouvent aucune trace (JEZEWSKA et Col., 1963). Il est difficile d'expliquer cette légère augmentation pendant le jeûne. L'escargot puise dans ses propres réserves pour survivre. Comme ses protéines sont plus azotées que l'aliment qu'on lui procure (16 % au lieu de 11 %) on peut supposer qu'*Helix aspersa* ne peut adapter sa vitesse d'excrétion à ces nouvelles conditions et que cela entraîne une augmentation de la quantité d'ammoniaque dans le corps. Or, l'ammoniaque est un produit toxique que l'animal est obligé de rejeter lorsque le taux devient trop élevé.

Ceci expliquerait sa disparition totale du corps au bout de 30 jours. On s'interroge sur l'existence d'un cycle ou alterneraient stockage et rejet.

Mais le phénomène important est l'augmentation importante et progressive du taux d'acide urique corporel. Il peut atteindre 120 mg/g, ce qui est 6 fois plus élevé que le taux normal. Cette prédominance d'acide urique dans le corps des Pulmonés terrestres inactifs a été unanimement constatée. t notamment par CHARRIER et DAGUZAN, (1980) sur la même espèce. L'escargot a tendance à stocker en priorité cet acide en raison de sa très faible solubilité permettant ainsi d'économiser de l'eau.

Par contre, aucune trace d'urée n'a été décelée ni dans le corps ni dans les fecès d'*Helix aspersa*. Ce résultat est contraire à celui obtenu par CHARRIER (1980) sur la même espèce. Par contre, POREMBSKA et HELLER (1962) montrent *Helix aspersa* synthétise peu d'urée. Cette absence d'urée peut sans doute s'expliquer par le fait que ce produit est rapidement transformé en ammoniaque grâce à l'uréase présente chez *Helix aspersa*.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARVANITAKI, A. et CARDOT, H., 1932.- Sur les variations de la concentration du milieu intérieur chez les Mollusques terrestres. *J. Physiol. et Pathol. Génér.*, *30*, n° 3 , 577-592

BARNES, H.F. et WELLS, J.W., 1945 - Slugs in the garden : their numbers, activities and distribution. Part. 2. *J. anim. Ecol.*, 14, 71-105

BECKER, W., et SCHMALE, M., 1975 - The nitrogenous products of degradation. Ammonia, urea and uric acid in the haemolymph of the snail *Biomphalaria glabrata*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 51 (A), 2, 407-411.

BLINN, W.C., 1963.- Ecology of the land snails *Mesodon thyroïdus* and *Allogona produnda*. *Ecology*, 44, 498-505

BURTON, R.F., 1964.- Variations in the volume and concentration of the blood of snail *Helix pomatia* in relation to the water content of the body. Can. J. Zool., *42, 1085-1097*

CHARRIER, M. et DAGUZAN, J., 1980.- Etude du bilan hydrique et de son évolution en fonction de la température et de l'humidité relative chez *Helix aspersa* Müller, (Mollusque Gastéropode Pulmoné). *Haliotis*, 10, 1, 33-36.

CHARRIER, M. et DAGUZAN, J., 1980 .- Contribution à l'étude de l'excrétion azotée chez *Helix aspersa*. *Ann. Nutr. Aliment.*,34, 4, 709-724

DAINTON, B.H., 1954 a.- The activity of slugs. I. The induction of activity by chang temperatures *J. exper. Biol.*, 31, 165-187

DAINTON, B.H., 1954 b.- The activity of slugs. II. The effect of light and air currents. *J. exper. Biol.*, 31, 188-197

DELAUNAY, H.,1927.- Recherches biochimiques sur l'excrétion azotée des Invertébrés. Thèse de Doctorat, Université de BORDEAUX.

DELAUNAY, H., 1931.- L'excrétion azotée des Invertébrés. *Biol. Rev.*, 6, 265-301

DELAUNAY, H., 1934.- Le métabolisme de l'ammoniaque d'après les recherches relatives aux Invertébrés.*Ann. Physiol. Physicochim. Biol.*, 10, 695-724.

HOWES et WELLS, 1934.- The water relation of snails and slugs. II. Weight rythms in *Arion ater* L and *Limax flavus*, *J. exper. Biol.*, 11, 4, 344-351

JEREWSKA, GORZKOWSKI, B. & HELLER, J., 1963.- Nitrogen compounds in snail *Helix pomatia* excretion. *Acta Biochim. Polon.* , 10, 1, 55-65

MACHIN, J., 1964.- The evaporation of water from *Helix aspersa*. I. The nature of the evaporating surface. *J. exper. Biol.* , 41, 759-769.

MACHIN , J., 1965.- Cutaneous regulation of evaporative water loss in the common garden snail *Helix aspersa*. *Naturwissenschaften*, 52, 18.

NEEDHAM, J., 1938.- Contribution of chemical physiology to the problem of reversibility in evolution. *Biol. Rev.*, 13, 224-251.

POMEROY, D.E., 1968.- Dormancy in the land snail *Helicella virgata*. *Aust. of Zool.*, 16, 857-869

POREMBSKA, Z. & HELLER, J., 1962.- Studies on the ornithine cycle in the tissues of *Helix pomatia* during hibernation. *Acta Biochim. Polon.*, 9, 385-390

PRIOR, D.J., 1982.- Osmotic control of drinking behavior in the terrestrial slugs.*Ann. Zool.*, 22, 4, 978.

SCHMIDT-NIELSEN, K. et Al., 1971.- Desert snails : problems of heat, water and food. *J. exp. Biol.* . 55, 385-398.

WILBUR, 1964.- Physiology of mollusca. Vol. 1, 243-282.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 231 à 240

PREMIERS RESULTATS CONCERNANT LA DETERMINATION EVENTUELLE DU REGIME ALIMENTAIRE DE L'ESCARGOT PETIT GRIS (*HELIX ASPERSA* Müller) GRACE A UNE TECHNIQUE IMMUNOLOGIQUE

par

Loïc GALLOIS et Jacques DAGUZAN
Laboratoire de Zoologie Générale et d'Ecophysiologie, (L.A. INRA).
Université de RENNES 1, Campus de Beaulieu
Avenue du Général Leclerc, 35042 RENNES-CEDEX

ABSTRACT : Preliminary results concerning the eventual determination of the diet of the brown garden snail (*Helix aspersa* Müller) using an immuno-chemical technique.

Direct observations in natural and controlled habitats, as well as the analysis of epithelial cells in the faces, were found to be unsatisfactory for a study of the diet of the snail *Helix aspersa* Müller).

An immuno-chemical technique has been developed which is applicable to gastropod Molluscs. Three successive stages were followed :

- Collection and identification of rabbit antibodies against a given plant material;
- Using these antobodies for providing evidence of the consumption of the same plant by the snails where their diet is know;
- Generalisation of this thechnique to the main plants consumed.

Many experiments were carried out using the faeces of snails feed on different plant materials.

The results show that immunisation has occurred in the rabbits and that there are still antigens in the faeces. However the specificity of these antibodies is not species specific and is insufficient to determine some of the families. Nevertheless the lack of reaction in certain cases would indicate that the results obtained from the faeces recognised the antobodies of the nourishing molecules and not those of parasitic reactions.

RESUME : Lors d'une première approche de l'étude du régime alimentaire de l'escargot Petit-gris (*Helix aspersa* Müller), ni l'observation directe en milieu naturel ou contrôlé, ni l'analyse des cellules épithéliales présentes dans les fécès ne sont apparues comme des techniques suffisantes pour satisfaire notre étude.

Nous avons donc cherché à mettre au point une technique immuno-chimique originale pour les Mollusques Gastéropodes. Trois étapes successives sont suivies lors de cette première approche :

- l'obtention et la mise en évidence de la fabrication d'anticorps d'un végétal donné, par des lapins;
- l'utilisation de ces anticorps pour la mise en évidence de la consommation de ce même végétal chez des escargots dont le régime alimentaire est connu;
- la généralisation de cette technique aux principaux végétaux consommés.

Plusieurs expériences sont réalisées avec des fécès d'escargots nourris avec divers végétaux. les résultats font apparaître qu'il y a eu immunisation des lapins et qu'il subsiste des antigènes au niveau des fécès. Cependant la spécificité des anticorps obtenus n'existe pas au niveau de l'espèce végétale, et elle n'est pas suffisante pour différencier certaines familles. Toutefois, l'absence de réaction, dans certains cas, semble indiquer que les arcs obtenus avec les fécès résultent bien de la reconnaissance par les anticorps de molécules alimentaires et non de réactions parasites.

INTRODUCTION

Différentes méthodes peuvent être utilisées pour déterminer le régime alimentaire d'une espèce phytophage tel que l'escargot Petit-gris (*Helix aspersa* Müller). Jusqu'à présent, nous en avons utilisé deux : l'observation directe et l'identification des cellules épithéliales présentes

dans les fécès. Celles-ci nous ont permis de voir, entre autres, que l'ingestion par erreur d'une plante que l'on pourrait ainsi retrouver dans les fécès n'était pas envisageable. En effet, l'observation des cellules épithéliales à ce niveau nous a permis de constater qu'en conditions naturelles comme en conditions contrôlées, il n'y avait ingestion que d'un végétal, parfois deux, au cours de la prise de nourriture. Mais, pour plusieurs raisons, aucune de ces deux méthodes ne nous a pleinement satisfaits. Aussi, avons-nous choisi d'employer la technique immuno-chimique.

Si celle-ci a déjà été utilisée dans le même but chez divers Invertébrés et notamment chez certaines espèces d'Insectes, elle ne l'a jamais été, à notre connaissance, pour des Mollusques Gastéropodes.

MATERIELS ET TECHNIQUES

Matériels.

a) Lapins, pour la fabrication des anticorps.

Nous avons utilisé des lapins (2 mâles et 2 femelles) âgés seulement de 2 mois 1/2 au début de l'expérience afin d'éviter une teneur en lipides trop importante dans le sang, celle-ci augmentant avec l'âge. Ces animaux sont nourris à l'aide d'un aliment composé déshydraté dont la composition ne fait intervenir aucun des végétaux testés.

b) Escargots testés.

Il s'agit d'escargots Petits-gris adultes, nés et élevés au laboratoire en conditions expérimentales. Ces individus sont nourris avec l'un des végétaux cités ci-après.

c) Matériel végétal.

Quatre plantes appartenant à des familles différentes sont utilisées, une par individu (Tabl. I).

Tableau I

Espèces végétales utilisées pour la production d'anticorps

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Familles
Chou rave	*Brassica rapa* L.	Crucifères
Laitue romaine	*Lactuca sativa* L.	Composées
Vesce Fausse Gesse	*Vivia lathyroïdes* L.	Papilionacées
Berce spondyle	*Heracleumsphondylium* L.	Ombellifères

Différentes phases de l'opération :

Cette technique comprend trois étapes (cf. Fig. 1).

- Mise en évidence de la fabrication , on non, d'anticorps spécifiques d'un végétal donné (1 → 2). Pour cela nous extrayons les protéines totales solubles foliaires de la plante dans une solution tampon (phosphate monosodique). Nous les injectons par voie sous-cutanée à un lapin.

Il suffit alors de mettre en présence le sérum du lapin, contenant les anticorps par hypothèse, et la solution antigénique injectée. Il y a alors précipitation des couples antagonistes, ce qui se visualise par l'apparition d'arcs entre le puits central et les puits périphériques (*).

- Utilisation de ces anticorps afin de mettre en évidence, si possible, la consommation de ce même végétal par un escargot dont le régime alimentaire est connu (3).
Pour cela, nous donnons à consommer le végétal testé à un escargot Petit-gris. Nous récupérons les protéines solubles au niveau des fécès et nous les mettons en présence des anticorps. La réaction immunochimique se traduira alors par un arc.

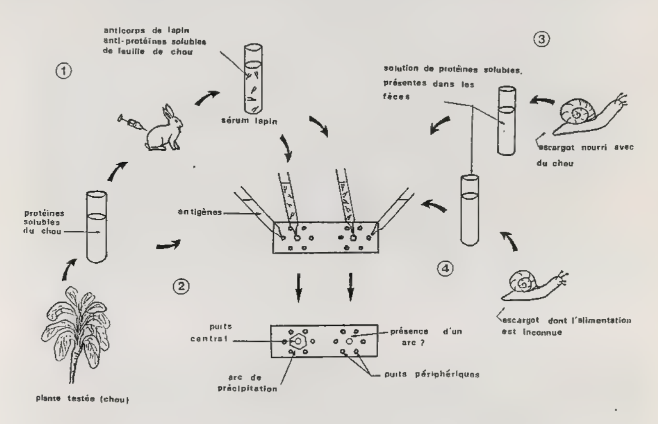


Fig. 1 - Différentes phases de la technique immuno-chimique permettant de déterminer le régime alimentaire de l'escargot Petit-gris (*Helix aspersa* Müller).

- Mise en évidence, dans la mesure ou les deux premières clauses seront réalisées, de la consommation de tel ou tel végétal par des escargots dont le régime alimentaire est inconnu (4).

Techniques utilisées.

Cette méthode a pour but de détecter ce qui n'a pas été catabolisé par l'escargot, soit parce qu'il n'en est pas capable, soit parce qu'au cours du transit dans le tube digestif une certaine quantité de ces protéines n'a pu être atteinte par les enzymes.

(*) Nous tenons à remercier Monsieur le Professeur JEGO du laboratoire de Physiologie des Régulations de l'Université de RENNES I qui a bien voulu nous conseiller et nous aider pour la partie immunochimique.

Tableau II

Planning des injections effectuées sur les lapins.

N°	Dates des injections	Opérations effectuées	Volume injecté par Lapin
1	7.06.84	Injection sous-cutanée (flanc gauche) (solution antigénique + M D P)	1 ml de solution + 1 mg de M D P.
2	14.06.84	Injection sous-cutanée (flanc gauche) (solution antigénique + M D P)	1 ml de solution + 1 mg de M D P.
3	21.06.84	Injection sous-cutanée (flanc gauche) (solution antigénique + M D P)	1 ml de solution + 1 mg de M D P
4	28.06.84	Injection sous-cutanée (flanc droit) (solution antigénique + M D P)	1 ml de solution + 1 mg de M D P
5	5.07.84	Injection sous-cutanée (flanc droit) (solution antigénique + M D P)	1 ml de solution + 1 mg de M D P
6	12.07.84	Injection sous-cutanée (flanc droit) (solution antigénique + M D P)	1 ml de solution + 1 mg de M D P
7	19.07.84	Injection sous-cutanée (flanc gauche) (sol. antigénique + sol. isotonique)	1 ml de solution + 1 ml de NaCl à 9 ‰ .
8	26.07.84	Injection sous-cutanée (flanc gauche) (sol. antigénique + sol.isotonique)	1 ml de solution + 1 ml de NaCl à 9 ‰

Tableau III

Planning des prélèvements effectués sur les lapins.

N°	Dates des prélèvements	Opérations effectuées	Volume prélevé par Lapin
1	24.05.84	Prélèvement de sang dans la veine marginale de l'oreille	1 ml
2	17.06.84	Prélèvement de sang dans la veine marginale de l'oreille	1 ml
3	26.06.84	Prélèvement de sang dans la veine marginale de l'oreille.	1 ml
4	10.07.84	Prélèvement de sang dans la veine marginale de l'oreille	1 ml
5	17.07.84	Prélèvement de sang dans la veine marginale de l'oreille	1 ml
6	24.07.84	Prélèvement de sang dans la veine marginale de l'oreille	1 ml
7	7.08.84	Récupération total du sang au niveau de la carotide	Lapin A : 120 ml ; B : 100 ml Lapin C : 90 ml ; D : 75 ml

a) Extraction des protéines solubles des feuilles des végétaux testés :

Sur le terrain, les plantes sont placées à l'obscurité sous une toile noire pendant 48 heures afin de débarrasser les feuilles de leurs réserves amylacées. Puis les feuilles saines sont prélevées, lavées à l'eau distillée, les nervures sont enlevées. Le reste du limbe foliaire est haché puis broyé dans un mortier en présence de tampon phosphate monosodique (0,1 M) à pH 7. On réalise ensuite une homogénéisation de la suspension à l'aide d'un appareil de "Potter" Afin d'extraire les protéines solubles, on centrifuge le liquide obtenu pendant 20 mn à une température de 4 à 5°C et à une vitesse de 5300 tours par minute (= 3000 g).Les protéines solubles se situent alors dans le liquide surnageant et sont alors prélevées et placées dans de petits tubes au congélateur à - 18° C en attendant leur utilisation.

b) Technique d'immunisation des lapins.

... Les injections.

Huit injections hebdomadaires sont réalisées par voie sous-cutanée, sur les flancs des lapins (Tabl. II). Au cours des six premières piqures, on utilise une solution de Muramyl Dipeptide Pasteur (M.D.P.), molécule synthétique immunostimulante possédant l'avantage d'être active aussi bien en milieu aqueux qu'en milieu huileux.

... Les prélèvements.

Ils ont été effectués au niveau de la veine marginale de l'oreille (Tableau III).

Le premier prélèvement est fait avant la première injection et sert pour la réalisation de "lames témoins". Les six autres sont effectués tous les 7 à 10 jours. Le dernier correspond au sacrifice des lapins.

... Application de la technique d'immunodiffusion double sur plaque :

Il s'agit de la technique sur plaque décrite par OUCHTERLONY (1949). On pose sur une lame, à l'aide d'un pinceau, une solution d'agarose très diluée dans de l'eau distillée. On fait évaporer l'eau, il ne reste alors que le gel de gélose qui sert d'apprêt". On prépare une solution d'agarose à 1 % : 0,5 g d'agarose dans 50 ml de tampon phosphate monosodique (0,1 M) à pH 7, plus un peu d'Azide de Sodium (NaN_3), empêchant tout développement de champignons. On répand 3,5 ml de cette solution de façon uniforme sur chaque lame. Celles-ci sont alors placées sur un porte-lames dans une chambre humide, que l'on place pendant 15 minutes à 4° C dans le but de durcir le gel sans le sécher. Puis on réalise des "puits" dans la gélose avec un emporte-pièces (Fig. 2).

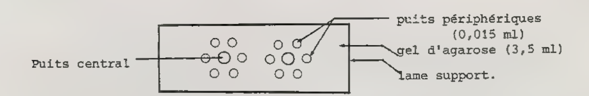


Fig. 2.- Schéma d'une lame utilisée pour la technique de l'immunodiffusion.

Après avoir versé l'immunosérum et les solutions antigèniques de diverses concentrations dans les puits, on place les lames dans une étuve à 37° C pendant 3 jours. Au bout de 24 heures, il est déjà possible d'observer les premiers arcs de précipitation qui se sont formés.

Il est possible de conserver les lames. On les rince alors à l'eau distillée pendant une à deux heures à température ambiante. On met du papier "Whatman 3 MM", imbibé d'eau sur les lames afin qu'elles se déshydratent progressivement. Elles sont sèches au bout de 2 à 5 jours, le papier se détache de lui-même. Enfin, la coloration des arcs de précipitation peut être faite à l'aide d'amidoschwartz à 1 %.

RESULTATS.

Absence d'anticorps spécifiques des végétaux testés avant les injections.

Lorsqu'on met en présence les solutions antigéniques initiales et les sérum des lapins correspondants, il n'y a aucun arc, donc aucune immunisation préalable (Tableau IV).

Ceci est également vrai pour les réactions que nous qualifierons de croisées, c'est-à-dire entre les solutions d'antigènes et d'anticorps non antagonistes.

Tableau IV

Mise en évidence, avant la première injection, de l'absence d'anticorps des végétaux testés dans le sérum des lapins. (——) : absence d'arc de précipitation.

	Protéines des feuilles de :							
	Chou		Vesce		Berce		Laitue	
	1/1	1/2	1/1	1/2	1/1	1/2	1/1	1/2
Sérum anti-chou	-	-	-	-	-	-	-	-
" " -vesce	-	-	-	-	-	-	-	-
" " -berce	-	-	-	-	-	-	-	-
" " -laitue	-	-	-	-	-	-	-	-

Evolution des réponses immunochimiques dans le temps, à la suite des injections.

En observant les résultats obtenus à la suite des injections, on note, dans un premier temps qu'il n'y a aucun anticorps fabriqué quel que soit l'individu considéré (Tabl. V).

il faut attendre le 33ème jour pour enregistrer les premiers arcs de la part des lapins immunisés contre les protéines solubles des feuilles de "vesce" et de "berce", et 61 jours pour observer la fabrication des anticorps de la part des deux autres individus (chou et laitue).

Réactions immunochimiques observées en faisant varier les concentrations antigéniques.

Le couple précipitant antigènes - anticorps, se formant à équiconcentration, nous avons voulu savoir s'il n'existait pas éventuellement des formations d'arcs pour des concentrations antigéniques autres que la solution pure. Nous avons donc réalisé, pour les mêmes prélèvements, des réactions mais cette fois-ci avec des concentrations antigéniques de 1/1, 1/2, 1/4 et pour

chacun des sérum obtenus.

Tableau V

Etude de l'évolution des réactions immunochimiques dans le temps
(+ : présence d'un arc de précipitation ; - : absence d'arc)

Durée (en jours) entre la première injection et le prélèvement.	Antigènes / Anticorps	Protéines solubles présentes dans les feuilles : Chou	Vesce	Berce	Laitue
1er prélèvement : 12 jours	Sérum anti-chou	−			
	" anti-vesce		−		
	" anti-berce			−	
	" anti-laitue				−
2ème prélèvement : 19 jours	Sérum anti-chou	−			
	" anti-vesce		−		
	" anti-berce			−	
	" anti-laitue				−
3ème prélèvement : 33 jours	Sérum anti-chou	−			
	" anti-vesce		+		
	" anti-berce			+	
	" anti-laitue				−
4ème prélèvement : 40 jours	Sérum anti-chou	−			
	" anti-vesce		+		
	" anti-berce			+	
	" anti-laitue				−
5ème prélèvement : 47 jours	Sérum anti-chou	−			
	" anti-vesce		+		
	" anti-berce			+	
	" anti-laitue				−
6ème prélèvement : Total	Sérum anti-chou	+			
	" anti-vesce		+		
	" anti-berce			+	
	" anti-laitue				+

Les résultats montrent là encore qu'aucune réaction n'a été observée avant le 33ème jour (Tabl. IV).

Par ailleurs on observe, non pas un mais 3 arcs, dans certaines réactions comme par exemple entre le sérum "anti-vesce" et les protéines solubles des feuilles de "vesce", ce qui signifie qu'il existe 3 couples antigènes-anticorps précipitants dans les deux solutions antagonistes. Ceci s'explique par le fait que nous avons utilisé l'ensemble des protéines solubles totales. On constate également la mise en évidence de réactions réciproques (vesce ⇒ berce et berce ⇒ vesce). L'identité de ces solutions (totales, partielles ou non identiques) ne nous sera connue qu'après avoir effectué des réactions de communautés d'arcs.

Ayant ainsi mis en évidence la fabrication d'anticorps par les lapins, nous pouvons aborder la partie plus appliquée de notre étude à savoir les réactions immunochimiques entre le sérum de lapin et les fécès d'escargots.

Dans un premier temps, les expériences entreprises sont effectuées à partir d'un seul sérum, celui contenant les anticorps contre les protéines solubles du chou.

Tableau VI

Réactions immunochimiques obtenues à la suite de la variation de la concentration antigénique.
(+ : présence d'un arc de précipitation; —— : absence d'arc)

Laps de temps séparant la première injection et le prélèvement considéré.	Antigènes / Anticorps	Protéines solubles présentes dans les feuilles : Chou			Vesce			Berce			Laitue		
		Concentration : 1/1	1/2	1/4	1/1	1/2	1/4	1/1	1/2	1/4	1/1	1/2	1/4
1er prélèvement : 12 jours	Sérum anti-chou	-	-		-	-		-	-		-	-	
	" anti-vesce	-	-		-	-		-	-		-	-	
	" anti-berce	-	-		-	-		-	-		-	-	
	" anti-laitue	-	-		-	-		-	-		-	-	
2ème prélèvement : 19 jours	Sérum anti-chou	-	-		-	-		-	-		-	-	
	" anti-vesce	-	-		-	-		-	-		-	-	
	" anti-berce	-	-		-	-		-	-		-	-	
	" anti-laitue	-	-		-	-		-	-		-	-	
3ème prélèvement : 33 jours	Sérum anti-chou	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	" anti-vesce	-	-	-	+ + +	- - +	- - -	-	+?	+?	-	-	-
	" anti-berce	-	-	-	+	+	-	+ + +	- + +	- + +	-	-	-
	" anti-laitue	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4ème prélèvement : 40 jours	Sérum anti-chou	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	" anti-vesce	-	-	-	+ + +	+ + +	+ - -	+?	+?	+	-	-	-
	" anti-berce	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-
	" anti-laitue	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5ème prélèvement : 47 jours	Sérum anti-chou	-	-		-	-		-	-		-	-	
	" anti-vesce	-	-		+ + +	- - -		+	+		-	-	
	" anti-berce	-	-		+	-		+	+		-	-	
	" anti-laitue	-	-		-	-		-	-		-	-	
6ème prélèvement : 61 jours	Sérum anti-chou	+	+		-	-		-	-		-	-	
	" anti-vesce	-	-		+ + +	+ + +		+	+		-	-	
	" anti-berce	-	-		+?	+?		+	+		-	-	
	" anti-laitue	-	-		-	-		-	-		+	+	

Réactions d'immunoprécipitations entre le sérum de lapin et les fécès d'escargots.

Tout d'abord, il nous a paru intéressant d'utiliser initialement le contenu stomacal d'un escargot Petit-gris alimenté de chou. La réaction immunochiomique obtenue a été positive. Forts de ce premier résultat, nous avons réalisé une série de six réactions mettant en présence des solutions antigéniques issues de différents aliments (Tabl. VII).

On peut observer qu'il y a formation d'un arc d'immunoprécipitation dans la réaction n° 2, c'est-à-dire entre une solution antigénique obtenue à partir des fécès d'escargots nourris exclusivement avec du chou rave, et le sérum contenant les anticorps du lapin immunisé contre ce chou. Ceci prouve qu'il subsiste des antigènes au niveau des fécès. Ce résultat, à lui seul, est très encourageant puisqu'il semble vouloir signifier que l'on peut déterminer le régime alimentaire d'*Helix aspersa* Müller grâce à cette méthode.

Tableau VII

Réactions d'immunoprécipitations entre le sérum de lapin "anti-feuille de chou" et les fécès d'escargots alimentés avec divers végétaux.
(+ : présence d'arc de précipitation; - : absence d'arc)

Réactions	Solutions utilisées contre l'immunosérum	Réponse enregistrée contre le sérum anti-chou
1	Témoin : Protéines solubles du chou cavalier (solution des injections)	+
2	Fèces d'escargot nourri exclusivement avec du chou cavalier (Crucifères)	+
3	Fèces d'escargot nourri avec un aliment composé (Graminées)	-
4	Fèces d'escargot nourri avec du chou pommé (Crucifère)	+
5	Fèces d'escargot nourri avec du pissenlit (Composé)	+
6	Fèces d'escargot nourri avec de la berce (Ombellifère)	-

Dans le but de délimiter la spécificité de cette réaction vis-à-vis des protéines solubles de chou rave, nous avons réalisé d'autres types de réactions. L'absence d'arc entre les anticorps "anti-chou rave" et les fécès d'escargots nourris avec un aliment composé, n'utilisant que des céréales (réaction n° 3) tend à démontrer que les anticorps formés par les lapins sont dirigés contre les molécules spécifiques du chou.

La réaction n°4 fait apparaître que cette spécificité n'existe pas au niveau de l'espèce puisqu'il y a formation d'arc avec des excreta d'escargots alimentés avec du chou pommé, donc avec un végétal appartenant au même genre.

Quant aux réactions 5 et 6, elles nous permettent de dire que cette spécificité n'existe pas pour une espèce de la famille des composées (pissenlit), puisque l'on a observé un arc de précipitation, mais qu'elle existe pour une espèce de la famille des Ombellifères (berce).

L'absence de réaction dans certains cas semble indiquer que les arcs obtenus avec les fécès résultent bien de la reconnaissance pour les anticorps de molécules alimentaires et non de réactions parasites.

CONCLUSION

A la suite de cette étude, il semble possible d'affirmer que l'on puisse déterminer le régime alimentaire de l'escargot Petit-gris grâce à l'utilisation d'une technique immunochimique.

Cependant, si ces premiers résultats semblent être encourageants, l'approfondissement des réactions croisées obtenues permettra de définir les limites de validité de cette technique immunochimique.

De plus, par l'étude des communautés d'arcs de précipitation, il faudra déterminer si ce sont rigoureusement les mêmes molécules qui sont reconnues dans les espèces de végétaux,

ou bien des molécules différentes possédant une partie commune.

Il conviendrait sans doute de vérifier si cette immunoréaction n'est pas mise en oeuvre contre certaines protéines pigmentaires, ce qui diminuerait , dans ce cas, l'intérêt de la technique. Enfin, les résultats enregistrés semblent indiquer que les antigènes obtenus n'existent pas chez tous les végétaux.

BIBLIOGRAPHIE

AUBERT, C., 1979.- Contribution à l'étude du régime alimentaire de l'escargot *Helix aspersa* Müller. D.E.A., Spécialité Ecologie, Université de RENNES I

CHARRIER, M. et DAGUZAN, J., 1980.- Consommation alimentaire, production et bilan énergétique chez *Helix aspersa* Müller. *Ann. Nutrit. aliment., Fr., 34* (1), 147-166.

CORDELIER, Igl., 1976.- Immunologie. Edit. CROUAN et ROQUES, Tome I, 258 p.

GALLOIS, L., 1983.- Recherche sur le régime alimentaire de l'escargot Petit-gris : *Helix aspersa* Müller. (Mollusque Gastéropode Pulmoné). Mise au point de techniques d'études. D.E.A. Spécialité Ecologie, Université de RENNES I.

PICKAVANCE, 1969.- A new approach to the immunological analysis of invertebrate diets. Dpt. of Zool., Univ. of Liverpool.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 241 à 247

MISE EN EVIDENCE PAR IMMUNOCYTOCHIMIE DE SUBSTANCES APPARENTEES A LA METHIONINE - ENKEPHALINE DANS DIVERS TISSUS DE L'ESCARGOT *HELIX ASPERSA* Müller

par

Claude-Roland MARCHAND* et Maurice P. DUBOIS**

* *Laboratoire de Zoologie-Embryologie Faculté des Sciences 25030 BESANCON CEDEX*
** *I.N.R.A. Station de Physiologie 37380 NOUZILLY MONNAIE - FRANCE*

ABSTRACT. Immunocytochemical localization of methionine-enkephalin like material in several tissues of the snail *Helix aspersa* Müller.

Immunocytochemistry (I.C.C.) made it possible the localization of one or several substances related to the methionine-enkephalin (opioid pentapeptide isolated in vertebrates) in different fixed tissues of the snail.

Epitopes capable of binding anti-methionine-enkephalin antibody were revealed in : nervous cells of the circum-oesophageal ganglia, fibers of peripheric nerves, dorsal-body cells, collar cells of the tentacles, cells of the sole of the foot and of the mantel, and germinal cells in the ovotestis.

The ubiquitous presence of such antigen-like materials shows that in the snail several peptides playing different functions, have all or part of the amino-acids of the methionine-enkephalin.

One might already envisage, save a probable neurotransmitory and/or neuro-modulatory function, their likely implication in physiological events such as egglaying, stimuli perception, mucus excretion, shell repair and gametogenesis.

Therefore I.C.C. is an exploratory method which gives interesting data concerning the biochemical similarities between endogenous peptides and other known peptides; it has to be completed by more sophisticated investigations in order to extract and analyze them.

RESUME.

L'immunocytochimie a permis de localiser dans divers tissus fixés de l'Escargot *Helix aspersa* une (ou des) substance (s) apparentée(s) à la méthionine-enképhaline (pentapeptide opioïde isolé chez les Vertébrés).

Des épitopes capables de fixer un anticorps anti-méthionine-enképhaline existent dans: les cellules nerveuses du collier péri-oesophagien, les fibres des nerfs périphériques, les cellules des corps dorsaux, les cellules collaires des tentacules, les cellules de la sole pédieuse et du manteau et dans les cellules germinales de l'ovotestis.

Le caractère ubiquiste de cet (ou ces) antigène-like montre que chez l'Escargot plusieurs peptides assurant des fonctions variées possèdent tout ou partie des séquences amino-acidiques de la méthionine-enképhaline.

D'ores et déjà on peut envisager, en dehors d'un rôle probable dans la neurotransmission ou dans la neuromodulation son implication dans des fonctions physiologiques aussi diverses que la ponte, la perception de stimuli, l'excrétion de mucus, la réparation de la coquille et la gamétogénèse.

L'immunocytochimie constitue une méthode exploratoire qui fournit des indications intéressantes sur les parentés biochimiques de peptides endogènes avec des peptides déjà connus; elle doit cependant être complétée par des explorations biochimiques plus précises afin d'aboutir à l'isolement et au séquençage de tels peptides.

INTRODUCTION.

La biochimie des neuropeptides a fait de tels progrès pendant cette dernière décennie que les chercheurs peuvent disposer aujourd'hui d'une multitude d'anticorps dirigés contre l'un

ou l'autre d'entre eux. Le couplage antigène-anticorps facilement visualisé par des techniques telles que l'immunofluorescence ou l'immunocyto-enzymologie est réalisable sur des tissus fixés de manière traditionnelle.

Chez les Mollusques Gastéropodes de nombreux travaux ont été effectués grâce à cette technique et ont conduit à des localisations précises des structures immunoréactives dans le collier nerveux de *Lymnaea stagnalis* (Schot et col. 1981), de *Limax maximus* (Marchand et col. 1984), d'*Helix aspersa* (Marchand et Dubois, 1982 ; Marchand et col. 1982; Osborne and Dockray, 1982), ou d'*Helix pomatia* (Cardot et col. 1985) et également dans la gonade d'*Helix aspersa* (Bride et col. 1985; Marchand et Dubois, 1985).

Cette méthode procure des renseignements bien supérieurs et d'une autre nature à ceux fournis jusqu'alors par l'histochimie : elle permet de démasquer des sites antigéniques capables de lier tel anticorps, ce qui révèle une partie du contenu membranaire ou cytoplasmique de certaines cellules.

Dans le but de mieux connaître les régulations neuro-hormonales de l'Escargot *Helix aspersa* Müller élevé en conditions artificielles contrôlées, nous avons réalisé une large exploration immunocytochimique appliquée à plusieurs organes ou tissus prélevés sur des animaux d'âges variés et sacrifiés à différents moments de leur cycle biologique. Etant donné le rôle fondamental assuré par des molécules apparentées aux opiacés dans de nombreux processus physiologiques nous avons, dans ce travail, essentiellement recherché les sites capables de fixer un anticorps dirigé contre la méthionine-enképhaline (pentapeptide isolé chez les Vertébrés).

MATERIEL ET METHODES.

Les tissus et les organes ont été prélevés sur des Escargots Petit-gris *Helix aspersa* adultes et juvéniles élevés en conditions contrôlées (18 h de lumière/6 h d'obscurité par jour; température moyenne = 17° C; 90 % d'humidité relative) dans les locaux du Centre Universitaire d'Héliciculture de Besançon (directeur A. Deray). Les prélèvements ont été placés 24 h dans le liquide de Bouin-Hollande + 10 % de chlorure mercurique à saturation. Après rinçage prolongé à l'eau courante suivi d'une déshydratation, les tissus ont été inclus dans la cytoparaffine puis débités en coupes sériées de 6 µm et traitées par la technique immunocytochimique en milieu tamponné décrite dans nos travaux antérieurs (Marchand et Dubois, 1982).

Trois anticorps sont successivement appliqués sur les coupes après rinçage : un anti-méthionine-enképhaline préparé chez le Lapin (dilution 1/3000, une nuit à + 4°C), un sérum de Chèvre anti-Ig G de Lapin (1/60, une heure, t° ambiante) et un complexe soluble peroxydase-anti-peroxydase (1/200, 1 h, t° ambiante); la visualisation du marquage est réalisée à l'aide de la diamino-benzidine et les contrôles habituels de spécificité sont exécutés sur coupes contigües soit à l'aide de sérum non-immun, soit à l'aide d'immunsérum préalablement absorbé par l'antigène homologue de synthèse (40 µg/ml de dilution). En outre des anticorps anti α ou β endorphines ont été testés à titre de contrôles.

RESULTATS.

L'immunocytochimie permet de localiser après les contrôles de spécificité indispensables,

chez tous les animaux utilisés, les nombreux épitopes capables de se coupler à un anticorps anti-méthionine-enképhaine chez l'escargot.

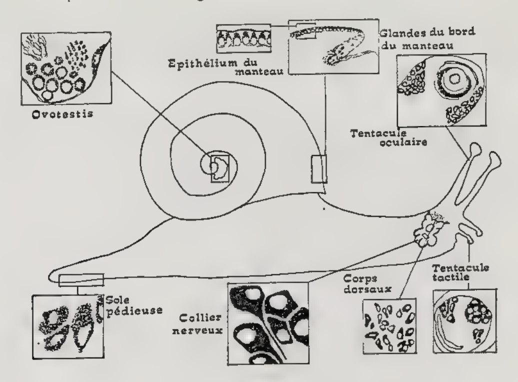


Schéma 1 : Localisation sur l'Escargot *Helix aspersa* des organes contenant des épitopes capables de fixer l'anti-méthionine-enképhaline en immunocytoenzymologie

Sur le schéma 1 nous avons positionné, dans l'animal entier, les organes immunoréactifs vis à vis de l'anticorps utilisé. Ce qui est frappant c'est le caractère ubiquiste des sites antigéniques puisque nous les détectons dans le collier nerveux mais également dans les corps dorsaux (cellules endocrines intra-conjonctives péricérébrales), dans les tentacules, dans l'épithélium palléal, dans la sole pédieuse et même dans les cellules germinales de l'ovotestis..

Dans le collier nerveux : tous les ganglions contiennent des péricaryons et des prolongements axoniques fortement immunoréactifs; c' est dans les ganglions pédieux toutefois que leur nombre est le plus élevé (fig. 1). En outre, le nerf viscéral est caractérisé par une forte densité en fibres méthionine-enképhaline positives.

Dans les corps dorsaux : ces cellules immunoréactives, isolées ou groupées en îlots, sont localisées dans le conjonctif péri-ganglionnaire (fig. 2), assurant une fonction endocrine, elles sont impliquées dans l'ovogénèse sous contrôle cérébral (Vincent et col., 1984).

Dans les tentacules : un certain nombre de cellules de grande taille situées à la périphérie des ganglions tentaculaires (Fig. 3) ou oculaires (Fig. 4) contiennent du matériel méthionine-enképhaline positif. Ces cellules correspondent aux cellules collaires repérées en histochimie (Bierbauer and Vigh-Teichmann, 1970); elles établissent parfois des contacts avec les fibres nerveuses avoisinantes ou communiquent avec la surface du tégument par de fins canalicules.

Dans le tégument : le cytoplasme apical des cellules épithéliales du manteau (Fig.6) de même que de grosses granulations intra-cytoplasmiques des cellules profondes de la sole

pédieuse (Fig. 7) fixent l'anticorps. La base des glandes du bord du manteau (selon la nomenclature établie par Timmermans, 1969) est innervée par des fibres également immunoréactives (Schéma 1).

Dans l'ovotestis : toutes les cellules de la lignée mâle en cours de spermatogénèse (Fig. 5) et tous les jeunes ovocytes en prévitellogénèse (Marchand et Dubois, 1985) sont intensément immunoréactifs à l'égard de l'anti-méthionine-enképhaline.

DISCUSSION.

Si la présence de substance(s) apparentée(s) à la méthionine-enképhaline révélée par l'immunocytochimie dans les cellules nerveuses de l'Escargot est tout à fait envisageable, dans la mesure où la synthèse de ce peptide ou d'une molécule précurseur le contenant partiellement ou totalement a pu être préservée au cours de l'évolution, il n'en va pas tout à fait de même pour les autres cellules somatiques ou germinales. Nous sommes en présence de la même constatation faite depuis longtemps avec la somatostatine préalablement isolée dans l'hypothalamus des Vertébrés et détectée ensuite dans diverses cellules du tractus digestif (Petersson et col. 1977); nous confirmons donc chez un Mollusque le caractère ubiquiste d'un petide-like dont la synthèse est effectuée en dehors du tissu nerveux. Cela avait été également signalé dans l'estomac de Porc (Jönsson, 1985), dans la rétine du Poulet (Millar et col., 1984) et dans les ovocytes de *Ciona intestinalis* (Georges et Dubois, 1984).

Notre discussion s'arrêtera sur deux points d'interrogation; qu'avons-nous mis en évidence et quels rôles peuvent jouer, le cas échéant, ces molécules ?

a) Qu'avons-nous mis en évidence ?

Avec un anticorps polyclonal nous déposons des immuno-globulines capables de reconnaître différents épitopes présents dans les cellules ou dans leurs membranes; le fait que des résultats négatifs soient obtenus avec ce même anticorps préalablement adsorbé par la méthionine-enképhaline de synthèse prouve que l'immuno-affinité est très spécifique. De plus tous les anticorps dirigés contre d'autres fragments apparentés aux pentapeptides tels que l'α ou la β endorphine ne sont reconnus par aucune des cellules que nous avons marquées.

Toutefois parenté immunologique ne signifie pas identité et seules des investigations biochimiques approfondies permettraient d'établir la structure exacte des substances reconnues par notre anticorps. A l'heure actuelle la présence de méthionine-enképhaline et de leucine-enképhaline n'a été prouvée avec certitude que dans le ganglion pédieux de *Mytilus edulis* (Leung et Stefano, 1984).

b) Quels rôles peuvent jouer ces molécules ?

Il ne fait plus de doute actuellement que les opiacés (endorphines, enképhalines) sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques chez les Mollusques. Chez *Cepaea nemoralis* (Kavaliers et Hirst, 1984; Kavaliers et col., 1984) ils facilitent la résistance aux élévations de température. Chez *Octopus* un heptapeptide précurseur de la méthionine-enképhaline et du F.M.R.F. a été identifié dans les afférences nerveuses de la veine cave où il exercerait un effet vaso-constricteur (Martin et col. 1981). Il a été par ailleurs prouvé que la méthionine-enképhaline et la morphine se fixent sur des récepteurs spécifiques des opiacés et modifient

l'activité électrique et le taux de dopamine de certains neurones identiques chez *Helix pomatia* (Juel, 1982; Salanki et col. 1983). Enfin, les bio-essais réalisés avec les enképhalines extraites de *Mytilus* prouvent que ces substances ont les mêmes propriétés que leurs homologues isolés chez les Vertébrés (Leung et Stefano, 1984).

Ces divers résultats permettent d'envisager chez les Mollusques en général et chez l'Escargot en particulier l'existence d'un système enképhalinergique similaire à celui d'organismes plus évolués.

Nos observations confortent ce concept; ces fragments méthionine-enképhaline "like" pourraient assurer une fonction neuro-hormonale lorsqu'ils sont libérés par des neurones cérébraux. Dans les tentacules ils pourraient moduler les stimuli sensoriels fondamentaux pour la survie ou la reproduction de l'animal (Gomot, 1973); dans le tégument et à la base des glandes du bord du manteau ils pourraient réguler la secrétion de mucus et le transit des ions et des métabolites indispensables à la réparation ou à la croissance de la coquille. Dans les corps dorsaux, leur implication dans les processus de ponte est envisageable dans certaines conditions préalablement mentionnées par l'un d'entre nous (Vincent et col., 1984). Quant à la lignée germinale porteuse de tels antigène-"like", nous pouvons penser qu'ils sont utilisés au cours des différentes étapes des deux gamétogénèses dans la glande hermaphrodite.

Nous espérons beaucoup des explorations biochimiques que nous avons en cours pour apporter des réponses à toutes ces hypothèses.

REMERCIEMENTS.

Les auteurs remercient vivement Claude COLARD et Félix SANCHEZ pour leur collaboration active et efficace à la réalisation de ce travail.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

BIERBAUER, J. and VIGH-TEICHMANN, I., 1970. Histophysiological examination of the optic tentacle of pulmonates. II Cytochemistry of the special and secretory cells. *Acta. Biol. Acad. Sci. Hung.*,21 : 11-24

BRIDE, M., BARRE, P., et GRIFFOND, B., 1985. Marquage des cellules non germinales par un anticorps anti-fibronectine, dans la gonade de l'Escargot *Helix aspersa*. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 300 : 443-448.

CARDOT, J., FELLMANN, D., et BUGNON, C., 1985. Mise en évidence dans le système nerveux central du Mollusque *Helix pomatia* (Gastéropode, Pulmoné) de neurones producteurs d'un peptide apparenté au CRF_{41} des Mammifères. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 300 : 711-716.

GEORGES, D., and DUBOIS, M.P., 1984. Méthionine-enképhalin-like immunoreactivity in the nervous ganglion and the ovary of a protochordate, *Ciona intestinalis*. *Cell Tissue Res.*, 236 : 165-170.

GOMOT, L., 1973. Etude du fonctionnement de l'appareil génital de l'Escargot *Helix aspersa* par la méthode des cultures d'organes. *Arch. Anat. Embryol. Norm. Exp.*, 56 : 131-160.

JONSSON, A.C., 1985. Occurrence of met-enkephalin, met-enkephalin-Arg^{6}-Phe^{7} and met-enkephalin-Arg^{6}-Gly^{7}-Leu^{8} in gastrin cells of hog antral mucosa.*Cell. Tissue Res.*,240 : 361-365

JUEL, C., 1982. Enkephalin increases the efficacy of dopaminergic transmission in *Helix pomatia*. *Neuropharmacol.*, 21 : 1301-1303.

KAVALIERS, M. and HIRST, M., 1984. The presence of an opioid system mediating behavioral thermoregulation in the terrestrial snail, *Cepaea nemoralis*. *Neuropharmacol.*,23 : 1285-1289.

KAVALIERS, M., HIRST, M. and TESKEY, G.C., 1985. The effects of opioid and FMRF - amide peptides on thermal behavior in the snail. *Neuropharmacol.*, 24 : 621-626.

LEUNG, M.K. and STEFANO, G.B., 1984. Isolation and identification of enkephalins in pedal ganglia of *Mytilus edulis*. (Mollusca). *Proc. Natl Acad. Sci. U.S.A.*, 81 : 955-958.

MARCHAND, C.R. et DUBOIS, M.P., 1982. Détection immunocytologique de matériel apparenté à différents peptides de Vertébrés dans le collier nerveux de l'Escargot (*Helix aspersa* Müller) *J. Physiol. Paris*, 78 : 595-598.

MARCHAND, C.R., WIJDENES, J. et SCHOT, L.P.C., 1982. Localisation par la technique cyto-immuno-enzymologique d'un neuropeptide cardio-excitateur (le FMRF-amide) dans le collier nerveux péri-oesophagien d'*Helix aspersa* Müller (Gastéropode, Pulmoné, Stylommatophore). *C.R. Acad. Sc. Paris, 294 : 39-44.*

MARCHAND, C.R., SOKOLOVE, P.G. and DUBOIS, M.P., 1984. Immunocytological localization of a somatostatin-like substance in the brain of the giant slug, *Limax maximus* L. *Cell Tissue Res.*, 238 : 349-353

MARCHAND, C.R. et DUBOIS, M.P. , 1985. Mise en évidence par immunocytologie de sites antigéniques fixant des anticorps anti- α M.S.H. et anti-méthionine-enképhaline dans l'ovotestis de l'Escargot adulte Petit-gris, *Helix aspersa*, *C.R. Acad. Sc. Paris*, 301 : 233-238

MARTIN, R., FROSCH, D., KIEHLING, C. and VOIGT, K.H., 1981. Molluscan neuro-peptide-like and enkephalin-like material coexist in *Octopus* nerves. *Neuropeptides*, 2 : 141-150

MILLAR, T.J., SALIPAN, N., OLIVER, J.O., MORGAN, I.G. and CHUBB, I.W., 1984. The concentration of enkephalin-like material in the chick retina is light dependent. *Neuroscience*, 13: 221-226.

OSBORNE, N.N., and DOCKRAY, G.J., 1982. Bombesin-like immunoreactivity in specific neurons of the snail *Helix aspersa* and an example of the coexistence of substance P and serotonin in a invertebrate neuron. *Neurochem. Int.* , 4 : 175-180.

PETERSSON, B., ELDE, R., EFENDIC, S., HOKFELT, T., JOHANSSON, O., LUFT, R., CERASI,E. and HELLERSTROM, C., 1977. Somatostatin in the pancreas, stomach and hypothalamus of the diabetic Chinese hamster. *Diabetologia*, 13 : 464-466.

SALANKI, J., VEHOVSZKY, A. and STEFANO, G.B., 1983 - Interaction of substance P and opiates in the C.N.S. of *Helix pomatia* L.*Comp. Biochem. Physiol.*, 75 C : 387-390.

SCHOT, L.P.C., BOER, H.H., SWAAB, D.F. and VAN NOORDEN, S., 1981. Immunocytochemical demonstration of peptidergic neurons in the central nervous system of the pond snail *Lymnaea stagnalis* with antisera raised to biologically active peptides of vertebrates. *Cell Tissue Res.*, 216 : 273-291.

TIMMERMANS, L.P.M., 1969. Studies on shell formation in molluscs. *Neth, J. Zool.*, 19 : 417-523

VINCENT, C., GRIFFOND, B., GOMOT, L. et BRIDE, J. 1984. Etude *in vitro* de l'influence des corps dorsaux sur l'ovogénèse d'*Helix aspersa* Müller. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 54 : 230-235

LEGENDES DE LA PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE. REACTIONS IMMUNOCYTOCHIMIQUES OBSERVEES SUR DIFFERENTS TISSUS D'ESCARGOT A L'AIDE D'UN ANTICORPS ANTI-METHIONINE-ENKEPHALINE.

Fig. 1 – Dans les ganglions pédieux de gros péricaryons et leurs axones sont intensément immunoréactifs (x 400).

Fig. 2 – Les cellules des corps dorsaux localisées dans le conjonctif péri-ganglionnaire sont méthionine-enképhaline positives (x 400).

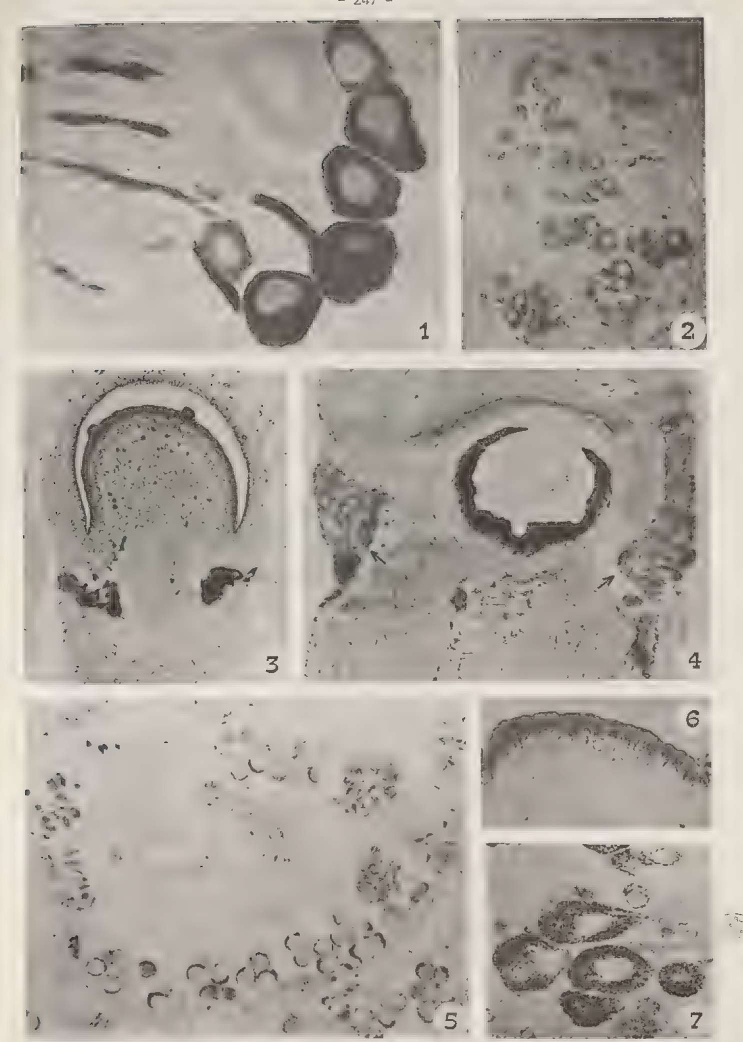
Fig. 3 – Dans le tentacule tactile d'un escargot juvénile deux groupes de cellules péri-ganglionnaires (cellules collaires) sont disposées à la périphérie du ganglion (x 400).

Fig. 4 – A proximité de l'oeil et du ganglion tentaculaire de l'animal adulte on peut observer des groupements de cellules marquées par l'anticorps (flèches); la coloration est moins intense que chez l'animal juvénile (x 400).

Fig. 5 – Dans l'ovotestis d'un escargot en activité sexuelle, tous les stades de la lignée mâle (spermatogonies, spermatocytes et spermatides) contiennent des sites antigéniques reconnus par l'anticorps (x 400).

Fig. 6 – Aspect des cellules épithéliales du manteau ayant fixé l'anticorps (x 650).

Fig. 7 – Dans l'épaisseur de la sole pédieuse ou peut observer de grosses cellules chargées de granulations reconnaissant l'anti-méthionine enképhaline; on distingue les prolongements qui se dirigent vers la surface du tégument (x 400).


1
2
3
4
5
6
7

COLLOQUE

"CONTAMINATION, INTOXICATION et PERTURBATION DES MOLLUSQUES MARINS"

*****

Adresse de Jean-Marie DEWARUMEZ

Président de la Société Française de Malacologie.

Chers collègues et amis,

C'est l'instant, pour moi, d'ouvrir ce colloque d'écotoxicologie et pollution des mollusques marins.

Ce n'est pas à vous que j'expliquerai la vulnérabilité de la plupart des mollusques vis-à-vis des pollutions marines. Les communications dont vous avez les résumés sous les yeux en sont autant d'exemples.

Les mollusques de par leurs régimes alimentaires, leur éthologie ou leur faible capacité de déplacement (pour la plupart d'entre eux) ne peuvent en effet échapper aux effluents pollués. Ce problème est d'autant plus crucial que les mollusques, qu'ils soient ou non exploités constituent un niveau capital dans les réseaux trophiques marins et que leur contamination peut avoir des conséquences redoutables tant pour le milieu marin que pour l'homme, a fortiori.

Les mollusques sont sensibles à tous les types de pollution et même si dans le cas des espèces exploitées la pollution bactérienne peut être considérée comme le problème le plus épineux ; les pollutions par les métaux, les pesticides, les hydrocarbures, etc ... sont également des problèmes que l'on se doit de régler.

Bien sûr, notre colloque ne résoudra pas les problèmes de pollution mais, comme le disait Monsieur C. Lefebvre, Vice-Président du Conseil Régional Nord / Pas de Calais, lors de la session d'ouverture, les décideurs attendent les conclusions des scientifiques. J'espère qu'ils s'en inspireront.

La présence des chercheurs de toutes les façades maritimes françaises nous permettra, je pense, d'envisager les problèmes spécifiques des différentes régions au cours de la table ronde de cet après-midi.

Je regrette toutefois l'absence de nos collègues du Centre IFREMER-Boulogne-sur-Mer dont la connaissance des problèmes de pollution du littoral de la Côte d'Opale aurait pu être utile.

Néanmoins, mettons-nous au travail, la qualité des communications que nous allons entendre est garante de la compétence de nos chercheurs. C'est un espoir de voir des solutions proposées bientôt pour les questions qui se posent. Le stade de la sonnette d'alarme est dépassé.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 253 à 263

EVOLUTION DE LA FAUNE MALACOLOGIQUE DANS UN SECTEUR EN VOIE DE DEGRADATION : LE COMPLEXE RECIFO-LAGONAIRE DE TIAHURA (MOOREA, SOCIETE - POLYNESIE FRANCAISE)

par

Zoé FLACHAT, Catherine GABRIE, Georges RICHARD

Laboratoire de Biologie Marine et Malacologie
Ecole Pratique des Hautes Etudes, 55 rue de Buffon - 75005 PARIS

Centre de l'Environnement de Moorea - Muséum National d'Histoire Naturelle
et Ecole Pratique des Hautes Etudes en Polynésie Française, BP 1013, Papetoai, Moorea.

ABSTRACT.

In 1971, mollusc populations in Tiahura lagoon, Moorea Island, were studied along a transect of 840 m, running along the whole of the reef/lagoon complex from the beach to the reef front. At this time, nearly 500 m² of prospections carried out yielded 117 species which could be grouped into about 40 families, the fringing zone itself regrouping 76 species.

An extraction zone for coral material was established on Moorea's fringing reef in 1975. This is near the transect previously studied. Since 1977, studies carried out all over the sector, particularly in an area of 18 hectares around the dredging zone, with confined waters, have shown great changes in the qualitative and quantitative composition of the fringing reef's malacological fauna and also that of the barrier zone.

In 1983, 12 years after the first studies and 8 years after the first coral sand extractions, the Tiahura transect was once again prospected under the same conditions. Only 49 species (28 from the fringing reef) were found out of the 117 previously collected. Comparisons were made between the prospecting of 1971 and that of 1983 concerning the specific richness, numeric abundance, biomass, numeric and weight dominances per zone and for the whole of the sector, per life-history and for the whole of the malacological fauna. The outcome of these results show that all of the Tiahura sector is affected, the fringing reef being more affected than the barrier reef. Observations carried out since 1983, confirm these results and show that the situation for some mollusc families has been further aggravated.

RESUME.

En 1971, le peuplement en Mollusques du lagon de Tiahura, île de Moorea, a été étudié le long d'un transect de 840 m de long, recoupant l'ensemble du complexe récifo-lagunaire de la plage au front du récif. A l'époque, près de 500 m² de prospections effectives avaient permis la récolte de 117 espèces, se répartissant en une quarantaine de familles, la zone frangeante regroupant à elle seule 76 espèces.

En 1975, une zone d'extraction de matériaux coralliens a été créée sur le récif frangeant de Moorea, à proximité du transect précédemment étudié. Dès 1977, les observations réalisées sur l'ensemble du secteur, et plus particulièrement dans une zone de 18 hectares, aux eaux confinées, autour de la zone draguée, mettaient en évidence de profondes modifications dans la composition qualitative et quantitative de la faune malacologique du récif frangeant, mais aussi de la zone barrière.

En 1983, soit 12 ans après la première étude et 8 ans après le début des extractions de sable corallien, le transect de Tiahura a de nouveau été prospecté dans les mêmes conditions. 49 espèces seulement (dont 28 sur le récif frangeant) ont été retrouvées, sur les 117 précédemment récoltées. Des comparaisons sont effectuées entre les prospections de 1971 et celles de 1983, quant à la richesse spécifique, l'abondance numérique, la biomasse, les dominances numériques et pondérales, par zone et pour l'ensemble du secteur, par mode de vie et pour l'ensemble de la faune malacologique. L'ensemble des résultats montre que tout le secteur de Tiuaha est affecté, le récif frangeant se révélant bien plus touché que le récif-barrière. Des observations réalisées depuis 1983 confirment ces résultats tout en montrant une nouvelle aggravation de la situation pour certaines familles de Mollusques.

INTRODUCTION.

La plupart des récifs coralliens subissent, de nos jours, des dégradations importantes qui sont le fait, direct et/ou indirect, de facteurs naturels (saison des pluies, cyclones...) et/ou anthropiques (poussée démographique et évolution socio-économique des pays riverains). Appartenant à ce dernier type d'agression, les menaces qui pèsent sur l'intégrité des écosystèmes récifo-lagonaires de Polynésie française ont des origines très diverses : aménagements de la zone côtière (remblais, dragages), extractions de matériaux coralliens, apports hydrauliques d'origine terrestre, déversements d'hydrocarbures, pollution fécale, dépôts sauvages de détritus et prélèvements intensifs de faune et de flore, pour ne citer que les types d'agressions qui ont fait l'objet de rapports au cours des dernières années (FRAIZIER, 1980; DENARDI et RAYMOND, 1981; RICARD *et al.*, 1981). En ce qui concerne le lagon de la zone urbaine de Tahiti, le travail de POLI *et al.*, 1983, rend compte de la santé des récifs observés, dans une synthèse qui prend en compte des critères biologiques, esthétiques et sanitaires.

A Moorea, île haute de l'archipel de la Société, des observations sur les peuplements de Mollusques ont été réalisées dans un secteur du récif frangeant, à l'occasion d'un travail plus général sur les nuisances induites par une zone d'extraction de sable corallien (SALVAT *et al.*,1979). Les effets de ces extractions ont d'ailleurs fait l'objet de plusieurs travaux, en d'autres régions situées en zone intertropicale (MARAGOS, 1977; BERNARD *et al.* , 1981; CHAN-SANG *et al.*, 1981; MARSZALECK, 1981; liste non exhaustive). A une époque où les besoins en matériaux vont grandissant pour la Polynésie, où une prise de conscience des pouvoirs publics se renforce quant aux problèmes liés à l'environnement, et où une étude générale de grande envergure est réalisée pour le compte du Ministère de l'Equipement (GABRIE *et al.* , 1985), il nous a paru intéressant de proposer le présent travail. Ce dernier porte, en effet, sur l'évolution de la faune malacologique de l'ensemble du secteur de Tiahura, le seul complexe récifo-lagonaire pour lequel nous disposons de données comparatives à plus de dix ans d'intervalle. En outre, le site de Tiahura, sur lequel ont travaillé de nombreux chercheurs depuis 1971 (ANONYME 1985), est celui pour lequel nous avons le plus grand nombre de données sur la géomorphologie, aussi bien que sur l'hydrologie, le plancton ou le benthos.

LE MILIEU ETUDIE.

Située par 149° 50' est, à 25 km à l'ouest de Tahiti, l'île de Moorea mesure près de 15 km de diamètre pour une superficie terrestre de 132 km². Elle est ceinturée par un récif-barrière qui délimite un lagon dont la largeur varie de 500 m à 1500 m.

Le domaine de Tiahura (fig. 1) est situé dans la partie nord-ouest de Moorea, abritée des alizés dominants soufflant du sud-est. Il correspond à 1750 m de rivage. A cet endroit, le lagon large de 800 m en moyenne est caractérisé par un chenal profond de 5 à 12 m, qui sépare la zone frangeante de la zone barrière et canalise vers la passe "Taotoi" les eaux qui se déversent en permanence par dessus le récif-barrière. Le site comporte un petit motu recouvert d'une végétation arbustive.

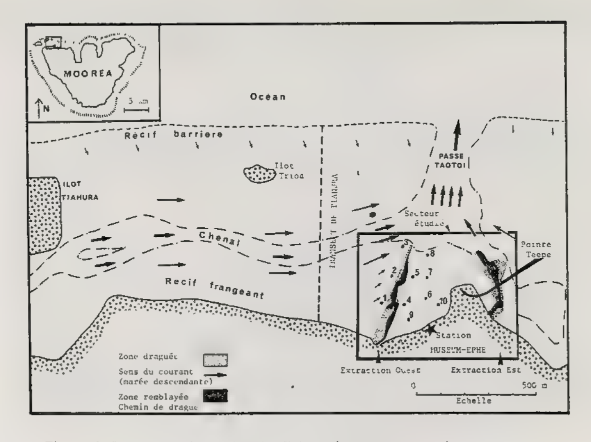


Figure 1. Le secteur lagonaire de Tiahura (N.O. de Moorea), avec indication du transect prospecté en 1971 et 1983, d'une part, et des stations étudiées dans la zone d'exploitation de sédiments coralliens. (d'après SALVAT et al, 1979).

L'une des principales caractéristiques de cette zone est sa faible profondeur d'eau (1 m sur le récif frangeant, et 2 m sur le récif-barrière, à l'étal de haute mer). Dans l'ensemble, les substrats meubles sont prédominants, mais les recouvrements en coraux vivants ou morts sont importants sur le récif-barrière (30 % sur les 4/5 les plus externes) et la partie externe du récif frangeant (30 à 50 % en bordure de chenal).

De toutes les caractéristiques des eaux du lagon de Tiahura, dont la circulation est schématisée sur la figure 1, la température est la seule à présenter des variations appréciables (jusqu'à 8° C, en zone peu profonde, pour une moyenne de 27,5°C). Pour les autres caractéristiques hydrologiques, comme pour les données biologiques, on se reportera à des travaux antérieurs (ANONYME, 1985). Signalons toutefois que plusieurs travaux de synthèse existent sur la flore (PAYRI, 1982), la faune (RICHARD, 1982; THOMASSIN *et al.*, 1982), ou l'ensemble du bios (SALVAT *et al.*, 1972; RICHARD, 1973; RICHARD *et al.*, 1979).

C'est en 1975 qu'a été créée, sur le récif frangeant du site de Tiahura,une zone d'extraction de matériaux coralliens. Le chemin de drague, construit par l'excavatrice perpendiculairement au rivage au fur et à mesure de la progression de l'exploitation vers le lagon, délimite une zone de 18 ha aux eaux confinées et turbides (fig. 1). Un travail antérieur porte sur cette zone confinée (SALVAT *et al.*,1979) et met en évidence les effets désastreux de ces extractions

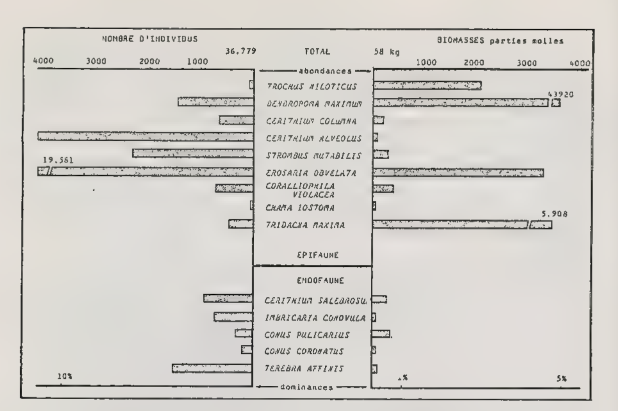


FIGURE 2: Résultats des prospections quantitatives de 1971, sur la faune malacologique de Tiahura. Abondances numériques et pondérales, et dominances, des principales espèces sur l'ensemble du transect. (d'après RICHARD et SALVAT, 1972)

NOMBRE D'INDIVIDUS

BIOMASSE

300 200 100 abondances 100 300 500 700 grammes

Trochus niloticus 85285

Astraea rhodostoma 1080

Puperita reticulata

Dendropoma maximum

Cerithium columna

Cerithium alveolus

TOTAL: 2491 individus

TOTAL: 103,5 kg

Cypraea moneta

Cypraea obvelata

Tridacna maxima 13960

EPIFAUNE

ENDOFAUNE

Conus coronatus

Conus pulicarius

Terebra affinis

Pyramidella maculosa

Otopleura mitralis

12% 8% 4% dominances 0,5%

FIGURE 3: Résultats des prospections quantitatives de 1983, sur la faune malacologique de Tiahura. Abondances numériques et pondérales, et dominances, des principales espèces sur l'ensemble du transect.

sur les peuplements en mollusques comme sur tout le milieu, aux abords immédiats de la zone draguée. Les observations qui suivent portent cette fois sur tout le complexe récifo-lagonaire, à l'exclusion de la pente externe pour laquelle nous n'avions pas de données quantitatives similaires datant de 1971.

METHODE D'ETUDE.

Pour réaliser les prospections de 1971, un transect de 840 m de long, perpendiculaire au rivage, est choisi à quelques dizaines de mètres à l'est de l'ilôt Trioa (Fig. 1), en fonction de sa représentativité par rapport à l'ensemble du site (RICHARD et SALVAT, 1972; RICHARD, 1973). Ce transect, qui recoupe la succession des biotopes parallèles à la côte, est composé de 336 stations (2,5 m de long, sur 2 m de large) qui servent de cadre d'étude à la faune malacologique. Dans plus de 200 stations régulièrement échelonnées de la zone frangeante (263 m de large) au chenal (80 m) et à la zone barrière (497 m), les mollusques épigés et endogés sont récoltés, déterminés, comptés et pesés par lots spécifiques. Ceci nous permet d'etablir un schéma bionomique, la richesse spécifique, les abondances et les dominances numériques et pondérales (poids frais des parties molles) du peuplement en mollusques, séparément pour chaque zone et à l'échelle de tout le transect.

En 1983, soit 12 ans après la première étude, le même transect a été de nouveau prospecté dans les mêmes conditions. En outre, des relevés qualitatifs et semi-quantitatifs ont été réalisés en divers points situés entre le transect de référence et la zone d'extraction de sable corallien, ceci plus particulièrement sur le récif frangeant.

COMPARAISON DES RELEVES DE 1971 et de 1983.

A - Situation en 1971.

Ces premiers relevés (RICHARD et SALVAT, 1972; RICHARD, 1973; RICHARD, 1982) permettent, à l'échelle du transect, de récolter 117 espèces appartenant à 40 familles dont trois comptent au moins 10 espèces (Mitridae : 15 spp.- Cerithiidae : 11 - Conidae : 10). Les dominances spécifiques indiquent alors que 5 espèces seulement représentent plus de 70 % du nombre d'individus (*Cypraea obvelata, Cerithium alveolus, Strombus mutabilis, Terebra affinis* et *Dendropoma maximum*) et que 3 espèces représentent plus de 90 % de la biomasse totale (*Dendropoma maximum, Tridacna maxima* et *Cypraea obvelata*). Toutefois, les abondances (36.000 individus sur l'ensemble du transect) et la biomasse (58 kg, ou 15 kg en faisant abstraction des Vermets) sont très importantes à l'échelle du transect. Ces résultats sont résumés dans la figure 2 et le tableau A (partie supérieure).

B - Situation en 1983.

La deuxième série de relevés, sur l'ensemble des trois zones géomorphologiques, permet de récolter seulement 49 espèces de mollusques, appartenant à 26 familles dont seules 3 comptent plus de trois espèces (Muricidae : 6 spp., Mitridae : 6; Cerithiidae : 5). Les dominances spécifiques font apparaître, à nouveau, qu'un petit nombre d'espèces représente un fort pourcentage du total des individus ou de la biomasse. Mais cette fois, il faut rassembler 8 espèces pour atteindre seulement 65 % du stock total (*Trochus niloticus, Otopleura mitralis, Cypraea obvelata, Tridacna*

ZONES Surfaces prospectées	FRANGEANT 525 m^2	CHENAL 160 m^2	BARRIERE 995 m^2	TOTAL RECIF 1680 m^2
1971				
NOMBRE D'ESPECES	76	5	74	117
NOMBRE D'INDIVIDUS	29564	295	6920	36779
BIOMASSE PARTIES MOLLES (en g.)	7218	48	51101	58368
ESPECES PRINCIPALES:				
Dendropoma maximum			x	x
Cerithium columna	x			
Cerithium salebrosum			x	
Cerithium alveolus	x			x
Strombus mutabilis	x			x
Cypraea obvelata	x			x
Coralliophila violacea	x		x	x
Imbricaria punctata			x	
Terebra affinis			x	x
Tridacna maxima			x	
1983				
NOMBRE D'ESPECES	28	3	25	49
NOMBRE D'INDIVIDUS	1368	128	995	2491
BIOMASSE PARTIES MOLLES (en g.)	1900	20	101600	103520
ESPECES PRINCIPALES:				
Trochus niloticus			x	x
Cerithium columna	x			
Erosaria obvelata	x			x
Conus coronatus	x			
Otopleura mitralis	x			
Tridacna maxima			x	x

-5m
-10m
200 m

PROFIL TOPOGRAPHIQUE

TABLEAU A: Analyse comparée des principaux résultats des prospections quantitatives de 1971 (partie supérieure) et de 1983 (partie inférieure), par zone et pour l'ensemble du transect.

maxima, *Conus pulicarius*, *Cerithium columna*, *Conus coronatus* et *Astraea rhodostoma*), alors que 9 espèces représentent la quasi-totalité de la biomasse (*Trochus niloticus*, *Tridacna maxima*, *Astraea rhodostoma*, *Conus coronatus*, *Conus eburneus*, *Cypraea obvelata*, *Conus pulicarius*, *Dendropoma maximum* et *Cerithium columna*. Au total, l'ensemble des récoltes permet d'estimer le peuplement en mollusques du transect à 2491 individus affichant une biomasse de 103,5 kg. En ce qui concerne ce dernier chiffre, il faut toutefois préciser que 85 kg de biomasse sont dus à une population de 260 *Trochus niloticus* qui colonise les 40 premiers mètres du transect à partir de la crête algale, sur le récif-barrière. Il s'agit là d'une espèce introduite en Polynésie française en 1957, et, en 1971, elle était moins bien représentée qu'aujourd'hui sur le site de Tiahura. Aux résultats de 1971, nous préférons donc comparer un total de 2231 individus, soit une biomasse des parties molles de 18,5 kg (160 *Tridacna maxima* y contribuant pour 13,96 kg).

De la même manière que pour 1971, les résultats des prospections de 1983 sont résumées dans la figure 3 et le tableau A (partie inférieure).

C - Analyse des résultats obtenus à 12 ans d'intervalle.

Au cours de ces 12 années, on assiste donc à un appauvrissement considérable de la faune malacologique au niveau du transect, puisque la richesse spécifique passe de 76 espèces, en 1971, à 49 espèces, en 1983, d'une part, et, que d'autre part, la biomasse des parties molles (*Trochus niloticus* exclus) est inférieure au tiers de ce qu'elle était au moment de nos premières prospections. Par ailleurs, dans le même intervalle de temps, l'abondance numérique s'est trouvée réduite au 1/15 du nombre d'individus initial. Les observations complémentaires, récemment réalisées sur l'ensemble du site de Tiahura, viennent renforcer ces conclusions. Ainsi, d'une richesse spécifique totale en mollusques supérieure à 200, avant l'installation de la zone d'extraction en 1975 (RICHARD, 1982), nous sommes passés, en 1983, à un nombre d'espèces que nous estimons inférieur à 100 en comptabilisant toutes les espèces peu communes (absentes des prospections par transect et qu'il faut rechercher séparément) ainsi que les espèces colonisant les milieux particuliers (hauts niveaux bordant l'ilôt Tioa, abords de la passe).

En outre, on assiste à une baisse très nette de la diversité spécifique. En effet, alors que seulement 42 % des espèces présentes en 1971 se maintiennent en 1983, 65 % des familles sont encore représentées dans notre deuxième série de prospections et toutes ces familles, sans exception, ont perdu des représentants (richesse spécifique et abondance). En 1983, 17 familles ne sont plus représentées que par une seule espèce et aucune espèce nouvelle pour le site n'a fait son apparition , depuis 1971, dans nos prospections. La seule espèce, *Trochus niloticus*, qui ait progressé (en nombre d'individus et en biomasse) dans l'intervalle fait plus penser à un cas d'invasion d'un biotope, qui conduit à une homogénéisation génétique encore plus grande, qu'à un effet fondateur favorisant une diversification quelconque.

Si l'on considère maintenant les différentes zones du complexe récifo-lagonaire, séparément, elles sont inégalement touchées par cet appauvrissement. Le chenal, qui correspond à des fonds sableux à rares pointements coralliens morts balayés par un fort courant, a toujours été extrêmement pauvre et le demeure. Mais le récif frangeant, riche en 1971, est actuellement bien plus affecté que le récif-barrière (comme l'indiquent les données du tableau A), en particulier dans la zone la plus interne où les densités de peuplements oscillent entre 0 (station 2) et 3

individus au mètre carré. Ces densités augmentent régulièrement mais elles n'atteignent, à leur maximum, que 9,8 ind./m²à 70 m de la plage. Or, en 1971, cette zone de substrat corallien mort, offrant de nombreuses anfractuosités, abritait 656 ind./m² de la seule *Cypraea obvelata* : il en reste moins de 300 individus pour la totalité du transect. Sur le récif frangeant, une autre espèce, *Cerithium alveolus* , a beaucoup souffert de la quasi disparition du recouvrement algal dans lequel elle nichait, de sorte que pour cette première zone, la plus proche des extractions, c'est l'épifaune malacologique qui est la plus perturbée. En revanche, sur le récif-barrière, on assiste à un plus grand recul des mollusques endogés puisque ces derniers ne représentent plus que 28,8 % du total des individus et seulement 0,4 % de la biomasse. Des espèces relativement abondantes en 1971, et bien réparties sur toute la zone barrière, les plus touchées par les modifications de l'environnement sont *Cerithium salebrosum, Imbricaria punctata* et, à un degré moindre, *Conus pulicarius* et *Terebra affinis*, les trois dernières espèces étant caractéristiques de la "Biocénose des sables grossiers et moyens propres sous influence de courants de fonds" (THOMASSIN, 1978).

DISCUSSION SUR L'APPAUVRISSEMENT DE LA FAUNE MALACOLOGIQUE.

A cette dégradation du lagon de Tiahura, il y a sans nul doute plusieurs causes, parmi lesquelles les aménagements côtiers, la proximité des villages de vacances (prélèvements intensifs de faune) ou l'augmentation sensible du trafic de bateaux dans le chenal et même sur le récif-barrière ont certainement pu jouer un rôle plus ou moins décisif dans tel ou tel secteur, ou pour certains types de biotopes ou groupes d'espèces. Mais dans cette évolution désastreuse pour la malacofaune, une grosse part de responsabilité incombe, nous semble-t-il, directement ou indirectement, à l'implantation de la zone d'extraction de sable corallien sur le récif frangeant, en 1975. En effet, outre l'étude antérieure portant sur la zone irrémédiablement détruite (SALVAT *et al.*,1979), plusieurs relevés ont été réalisés à différents niveaux du récif frangeant, le long de trois transects "intermédiaires", situés entre le chemin de drague et le transect de référence. Ces relevés, régulièrement renouvelés depuis 1977, font apparaître un appauvrissement progressif dans le temps, et dans l'espace, au fur et à mesure que l'on se rapproche de la zone d'extraction. La turbidité développée autour de celle-ci entraîne un abaissement de la photosynthèse des Zooxanthelles symbiotiques, phénomène qui concerne directement plus de 10 phylums de l'écosystème récifal. Outre les articles déjà cités, pour de plus amples informations sur les effets des phénomènes de sédimentation en milieu corallien, on pourra encore se reporter aux travaux de LEVIN (1970), de JOHANNES (1972, 1975) et de LOYA (1976), ou encore à la synthèse des études réalisées lors de la construction du port de Honokohau, aux îles Hawaii (ANONYME, 1983).

Dans le cas de Tiahura, il y a eu une augmentation de la turbidité des eaux qui a eu pour effets de réduire la luminosité, d'augmenter la charge en fines de l'eau, et de piéger une partie importante de fines dans les sédiments. On assiste alors à la disparition d'une partie de la faune sessile, au détriment d'un développement de Cyanophycées (sur le récif frangeant) ou de gazons algaux (sur le récif-barrière), d'une part, et, d'autre part, à la disparition ou la raréfaction des espèces endogées de sables propres (Mitridae, Costellariidae, Conidae, Terebridae) couplée avec l'apparition, sur de plus grandes surfaces, d'espèces vraisemblablement plus tolérantes

vis à vis des lutites (Pyramidellidae, Acteonidae). Il s'en suit un profond déséquilibre de l'ensemble de l'écosystème corallien. L'impact des zones d'extraction est si important que des études ont été entreprises, en Polynésie française, pour tenter de le juguler. Parmi les propositions récemment faites, dans le but de limiter ces dégradations, citons l'utilisation d'écrans de protection en géotextile, le remodelage des sites après exploitation, le pompage des sédiments fins déposés sur le fond, le réensablement (dans certaines conditions) d'une partie des sites et, pour autant que faire se peut, une restauration biologique (PORCHER et BOUILLOUD, 1984; GABRIE *et al.*,1985).

Toutefois, l'impact de la zone d'extraction de sable corallien et les autres facteurs anthropiques dont il a été question ne suffisent peut-être pas à expliquer la situation dans laquelle se trouve actuellement le site de Tiahura. En effet, depuis quelques années, l'on constate une dégradation générale, plus ou moins sensible, de tous les types de récifs polynésiens. Ceci a été constaté dans d'autres groupes faunistiques et notamment pour les poissons (GALZIN, 1985). Dans les causes de l'évolution actuellement négative de la faune malacologique de Tiahura, il faudrait peut-être faire intervenir des facteurs naturels liés à la stabilité des peuplements dans le temps. Les données dont nous disposons à ce jour concernent tout au plus des cycles saisonniers et ne permettent pas, malheureusement, d'éclaircir ce point. Des évolutions de grande amplitude restent éventuellement à mettre en évidence, dans l'avenir. Dans l'immédiat, il sera intéressant de voir comment va évoluer le lagon de Tiahura dans les prochaines années, dès lors que certaines mesures de réhabilitation des sites, préconisées par GABRIE *et al.* (1985), ont été mises en application sur la zone d'extraction concernée.

RESUME ET CONCLUSION.

En 1971, le peuplement en mollusques du lagon de Tiahura (Moorea) a été étudié le long d'un transect de 840 m recoupant l'ensemble du complexe récifo-lagonaire. A l'époque, près de 500 m² de prospections effectives avaient permis la récolte de 117 espèces (40 familles), la zone frangeante regroupant à elle seule 76 espèces et la zone barrière 74.

En 1975, une zone d'extraction de matériaux coralliens a été créée sur le récif frangeant de Tiahura. Dès 1977, les observations réalisées sur l'ensemble du secteur, et plus particulièrement autour de la zone draguée, mettaient en évidence de profondes modifications dans la composition qualitative et quantitative de la faune malacologique des récifs frangeant et barrière.

En 1983, soit 12 ans après la première étude et 8 ans après le début des extractions, le transect de Tiahura est de nouveau prospecté dans les mêmes conditions. 49 espèces seulement (dont 28 sur le récif frangeant, et 25 sur le récif-barrière) ont été retrouvées sur les 117 précédemment récoltées. On assiste à une baisse spectaculaire de la diversité, du nombre d'individus et de la biomasse, dans tous les compartiments du récif (en considérant l'importante biomasse affichée par *Trochus niloticus* près du front récifal, en 1983, comme un cas particulier). Toutefois si tout le secteur de Tiahura est touché, le récif frangeant est bien plus affecté que le récif-barrière. Par ailleurs, l'épifaune se montre moins résistante en zone frangeante, alors que l'endofaune s'est davantage raréfiée en zone barrière.

Il semble que, de tous les facteurs anthropiques, la zone d'extraction de sable corallien joue le rôle essentiel dans ce processus de dégradation particulièrement spectaculaire, sur 12

ans. Toutefois, on observe actuellement une dégradation générale des récifs coralliens, plus ou moins sensible selon les cas, et il est possible que des facteurs naturels, dont nous n'appréhendons pas pour l'instant le mode d'action, jouent un rôle non négligeable dans les processus d'évolution de la faune malacologique qui s'exercent dans le secteur de Tiahura.

BIBLIOGRAPHIE.

ANONYME, 1983. A decade of ecological studies following construction of Honokohau small boat harbour, Kona, Hawaii. *US army engineer district, Honolulu, BLDG T-1, Fort Shafter, Hawaii, 96858 : 1-92.*

ANONYME, 1985. Bibliography : Main references on French Polynesian reefs. *Proceedings of the fifth International Coral Reef Congress, Tahiti, 1985, 1 : Reef knoweldge and Fieldguides : 521-554*

BERNARD, P., GALZIN, R., et B. SALVAT, 1981. Note sur les nuisances liées au prélèvement de sable corallien dans le lagon du Grand-cul-de-sac-marin en Guadeloupe. *Revue de l'Institut Océanographique médical, LXIII-LXIV : 119-123.*

CHANSANG, H., BOONYANATE, P. et M. CHARUCHINDA, 1981. Effect of sedimentation from coastal mining on coral reefs on the Northwestern coast of Phuket Island, Thailand, *Fourth International Coral Reef Symposium, Manila, Philippines, 1 : 129-136.*

DENARDI, J-L., et A. RAYMOND, 1981. Etude des conséquences pour le lagon de Taunoa des travaux d'extension du port de Papeete. Etude descriptive du site actuel. *Rapport du L.E.S.E., Papeete, 108 pp.*

FRAIZIER, A., 1980. Etude des conséquences des travaux de dragage du chenal de Taunoa sur le milieu lagonaire. *Rapport C.E.A., N-2168, 32 pp.*

GABRIE, C., PORCHER, M. et M. MASSON, 1985. Extractions de matériaux coralliens en Polynésie française : vers une politique générale d'exploitation des ressources et d'aménagement des sites. *Proceedings of the fifth International Coral reef Congress, Tahiti, 1985, 4 : 271-277.*

GALZIN, R., 1985. Ecologie des poissons récifaux de Polynésie française. *Thèse de Doctorat ès-sciences, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier : 1-195.*

JOHANNES, R.E., 1972. Coral reefs and pollution, *in:* M. RUIVO (Ed), *Marine Pollution and Sea life Fishing News (Books), London : 364-371.*

JOHANNES, R.E., 1975. Pollution and degradation of coral reef communities. *in : Tropical Marine Pollution, Elsevier Oceanography Series, 12 : 13-51.*

LEVIN, J., 1970. A litterature review of the effects of sand removal on a coral reef community. *National Science Foundation SEA GRANT PROGRAM (Grant n° GH-93) : 1-78.*

LOYA, Y., 1976. Effects of water turbidity and sedimentation in the community structure of Puerto Rican corals. *Bulletin of Marine Science, V, 26 : 450-466.*

MARAGOS, J.E. et al., 1977. Environmental survey before, during and after offshore marine sand mining operations at Kaneohe Bay, Hawaii. *Sea Grant College Programm, University of Hawaii, working paper n° 28 : 65 pp. mimeogr.*

MARSZALECK, D.S., 1981. Impact of dredging on a subtropical reef community Southwest Florida, U.S.A.-*Proceedings of the 4 th International Coral reef Symposium, Manila, Philippines, 1 : 147-153.*

PAYRI, C., 1982. Les Macrophytes du lagon de Tiahura (île de Moorea, Polynésie française). *Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier : 1-260.*

PORCHER, M. et J-P. BOUILLOUD, 1984. Projet hôtelier Sofitel, Moorea (Polynésie française). Etude d'impact. *Rapport C.E.T.E. Méditerranée.*

POLI, G., DELESALLE, B., GABRIE, C., MONTAGGIONI, L., MONTEFORTE, M., NAIM, O., PAYRI, C., RICHARD, G. et J. TRONDLE, 1983. Tahiti, lagon zone urbaine : Etude de l'environnement lagunaire du secteur urbain, évolution des pollutions et des dégradations. *Rapport définitif, Convention territoire de la Polynésie française/Naturalia et Biologia/Muséum/EPHE. Antenne de Tahiti : 1-110.*

RICARD, M., DELESALLE, B., DENIZOT, M., MONTAGGIONI, L., RENON, J.P. et G. VERGONZANNE , 1981. Etude des organismes vivants, plancton et benthos, du secteur lagonaire et récifal de Taunoa, concerné par le projet d'extension du port de Papeete. Etude descriptive du site actuel. *Muséum, EPHE, Antenne de Tahiti, Centre de l'Environnement d'Opunohu, R-A 5 : 48 pp.*

RICHARD, G., 1973 - Etude des peuplements du complexe lagunaire de Tiahura, Moorea, Polynésie Française. *Bulletin de la Société des Etudes Océaniennes, XV, 11-12, 184-185; 309-324.*

RICHARD, G., 1982 - Mollusques lagunaires et récifaux de Polynésie française : inventaire faunistique , bionomie, bilan quantitatif, croissance, production. *Thèse de Doctorat d'Etat, Paris VI, 1-2 : 1 - 313*

RICHARD, G., et B. SALVAT, 1972. Ecologie quantitative des Mollusques du lagon de Tiahura, île de Moorea, Polynésie Française.*Comptes rendus de l'Académie des Sciences, Paris, 275, D : 1547-1550.*

RICHARD, G., CHEVALIER, J.P., GALZIN, R., SALVAT, B. et G.VERGONZANNE, 1979. Moorea : Etude des peuplements du lagon et du récif : V : radiale de Tiahura : *Rapport Antenne Museum-EPHE, Centre de l'Environnement d'Opunohu, Papeete : 49-75.*

SALVAT , B., 1974. Dégradation des écosystèmes coralliens. *Le Courrier de la Nature, 30 : 49-62.*

SALVAT, B., RICHARD, G., SALVAT, F., BERIGAUD, R., ANTOINE, L. et M-C. BERIGAUD. 1972. Moorea - Tiahura : Etude des peuplements du lagon et du récif. *Museum/EPHE. Antenne de Tahiti, Rapport O.D.T. : 104 pp.*

SALVAT, B., VERGONZANNE, G., GALZIN, R., RICHARD, G., CHEVALIER, J-P., RICARD,M. et J. RENAUD-MORNANT, 1979. Conséquences écologiques des activités d'une zone d'extraction de sable corallien dans le lagon de Moorea (île de la Société - Polynésie Française). *Cahiers de l'Indo-Pacifique, 1, 1 : 83 - 126.*

THOMASSIN, B., 1978. Peuplements des sédiments coralliens de la région de Tuléar (S.W. de Madagascar) et leur insertion dans le contexte côtier indo-pacifique. *Thèse de Doctorat d'Etat Aix-Marseille : 1-494, annexes.*

THOMASSIN, B., JOUIN, C., RENAUD-MORNANT, J., RICHARD, G., et B. SALVAT, 1982. Macrofauna and meiofauna in the coral sediments of the Tiahura reef complex,Moorea island (French Polynesia). *Tethys, 10 (4); 392 - 397.*

******

Haliotis, 15, 1986
p. 265 à 273

CONTROLE DE LA SALISSURE BIOLOGIQUE DES CIRCUITS DE CENTRALES THERMIQUES COTIERES PAR LES MOULES (*MYTILUS EDULIS*)

Etude d'optimisation de la chloration à GRAVELINES

par

F. TRAVADE et M. KHALANSKI

Electricité de France - Département environnement Aquatique et Atmosphérique
6, quai Watier - 78400 CHATOU France.

RESUME.

Des essais ont été effectués sur le site de la centrale de Gravelines en vue de déterminer le niveau d'injection de chlore efficace pour éviter l'envahissement des circuits de réfrigération par les moules.

Des dispositifs de surveillance du développement des salissures biologiques ont été réalisés et implantés in situ sur deux circuits principaux de réfrigération.

A Gravelines, l'expérience acquise en 1983 et 1984 indique la possibilité de réduire à 0,8 mg/l l'injection pratiquée jusqu'alors à 1,0 mg/l tout en conservant une bonne protection des circuits contre les moules. Le niveau 0,4 mg/l s'avère insuffisant. Ce résultat n'est pas directement extrapolable aux autres sites de centrales nucléaires en Manche.

INTRODUCTION.

Sur toutes les parois immergées se fixent et se développent des organismes macroscopiques. Lorsqu'il s'agit de machines, coques de bateaux, circuits d'eau brute, la présence de ces organismes cause une nuisance qui est à l'origine du terme "salissures biologiques" qui recouvre pour les usagers de l'eau de mer : des algues, des hydraires, des vers tubicoles, des bryoaires, des crustacés cirripèdes, des mollusques, des tuniciers ...

Dans les circuits de refroidissement des centrales thermiques où circulent des débits de plusieurs dizaines de mètres cubes par seconde (40 m^3/s pour une tranche nucléaire de 900 MWe), le développement des salissures doit être impérativement évité de manière à exclure dans tous les cas la perte du circuit principal ou des circuits auxiliaires de réfrigération.

Parmi les nombreuses espèces d'invertébrés qui composent les salissures présentes dans les canalisations obscures, les plus dangereuses sur nos côtes sont les moules (*Mytilus edulis* et *Mytilus galloprovincialis*). Les populations des moules peuvent en effet atteindre des développements considérables susceptibles d'obstruer les canalisations. L'accident majeur est le détachement massif d'énormes paquets de coquilles de moules fixées en amont du condenseur qui, après avoir crevé le filtre à coquillages vont colmater et endommager les tubes du condenseur causant un arrêt brutal du circuit principal de réfrigération. Cet accident s'est produit dans le passé sur deux sites de centrales thermiques classiques d'EDF.

Plusieurs méthodes de lutte antisalissures peuvent être appliquées dans les installations industrielles; EDF a choisi la chloration pour traiter les circuits d'eau de refroidissement sur des critères d'efficacité, de coût, de sécurité d'emploi, de facilité de production in situ par électrolyse d'eau de mer. La rapide disparition du pouvoir toxique dans l'eau de mer chlorée

constitue d'autre part un avantage du point de vue de la protection de l'écosystème côtier par rapport à l'emploi d'autres agents toxiques comme le cuivre ou les composés organostaniques.

Nous présenterons succinctement dans ce mémoire le dispositif de chloration installé sur les circuits de la centrale de Gravelines et une étude d'optimisation de la chloration en cours sur ce site. Cette étude a pour objet de déterminer la dose minimale de chlore nécessaire pour protéger efficacement les circuits contre la prolifération des moules.

CIRCUITS DE REFRIGERATION ET DISPOSITIFS DE CHLORATION.

La centrale thermique de Gravelines comporte six tranches nucléaires d'une puissance unitaire de 900 MWe. Située à l'ouest de Dunkerque, elle prélève son eau de refroidissement dans l'avant-port, celle-ci est conduite par un canal d'amenée jusqu'aux stations de pompage des six tranches. Deux files identiques pour chaque tranche composent le circuit principal de réfrigération d'une tranche, elles comportent (fig. 1) :

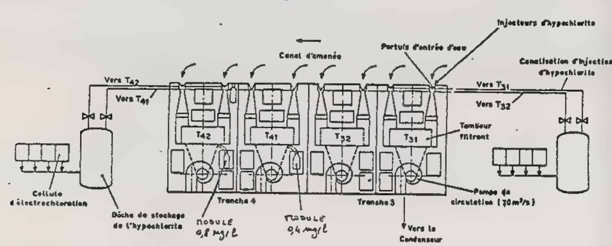


Fig. 1 : Schéma de la station de pompage des tranches 3 et 4 et de l'installation de chloration de la centrale de Gravelines. Implantation des modules de suivi de la croissance des moules.

- une station de pompage s'ouvrant sur le canal d'amenée par deux pertuis verticaux avec une chambre d'eau dans laquelle se trouve le filtre rotatif de type "tambour" et une pompe de circulation débitant 20 m³/s,

- une galerie d'amenée au condenseur de 3 m de diamètre et d'une centaine de mètres de longueur,

- un condenseur avec des tubes en titane,

- une galerie de rejet identique à celle d'amenée conduisant l'eau du condenseur vers un déversoir communiquant avec le canal de rejet.

Le canal de rejet, parallèle au canal d'amenée, évacue l'eau échauffée vers la digue de l'avant-port de Dunkerque.

La chloration de l'eau de réfrigération est assurée par injection d'hypochlorite de sodium produit par électrolyse de l'eau de mer de manière à réaliser une concentration de 1 mg/l en chlore. L'injection s'effectue dans les pertuis d'entrée d'eau dans les stations de pompage

à l'aide de tubes verticaux perforés.

Selon le protocole défini par EDF pour protéger les circuits des centrales en Manche et en Mer du Nord, la chloration es pratiquée en continu pendant la période de l'année où la température de l'eau pompée dépasse 10°C. A Gravelines cette période s'étend sur environ sept mois par an, de mai à novembre.

Aperçu sur la chimie du chlore en eau de mer (d'après FIQUET, 1978 et 1984).

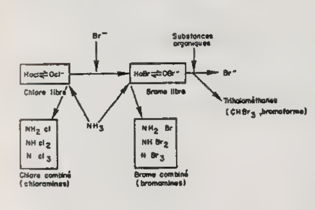


Fig. 2 - Schéma simplifié des réactions du chlore dans l'eau de mer, les composés oxydants sont entourés.

L'hypochlorite (OCl^-) injecté dans l'eau de mer qui contient des bromures à la concentration d'environ 65 mg/l forme de l'hypobromite (OBr^-) qui correspond au "brome libre".

Comme le chlore libre en eau douce, le brome libre réagit en eau de mer avec l'azote ammoniacal pour former des bromamines qui constituent le "brome combiné". Une fraction du chlore libre peut réagir également avec l'ammoniaque en donnant de la chloramine. Le rapport chlore/azote ammoniacal détermine pour l'essentiel les voies réactionnelles qui sont résumées sur la fig. 2. Il existe un rapport Cl_2/N tel que les haloamines sont totalement décomposées, c'est le point de rupture des courbes classiques d'hypochloration.

l'hypochlorite réagit d'autre part avec les matières organiques pour former des haloformes, principalement du bromoforme, à des concentrations très inférieures au seuil de toxicité pour les organismes marins.

les espèces toxiques regroupées sous l'appellation générique d'oxydants résiduels totaux (ORT), comprenant du brome libre et combiné et du chlore combiné, sont instables. Elles se décomposent par effet photochimique et par des réactions avec des substances présentes dans l'eau de mer selon une cinétique variable selon les produits. Cette instabilité explique la disparition rapide du pouvoir toxique de l'eau chlorée dans les panaches de rejet des centrales thermiques (KHALANSKI, 1981).

OPTIMISATION IN SITU DE LA CHLORATION A GRAVELINES.

L'étude s'est déroulée d'avril à novembre 1983 et 1984. Elle a consisté à appliquer deux niveaux de chloration (0,4 et 0,8 mg/l) et à en suivre l'effet sur la fixation du naissain ainsi que sur la croissance et la mortalité des moules à divers stades de développement.

Matériel et méthodes.

Modules de suivi des populations de moules dans les circuits :

L'impossibilité d'accès aux circuits de réfrigération durant le fonctionnement de la centrale a nécessité la mise au point de modules visitables alimentés en eau par piquage sur les circuits chlorés. (fig. 3).

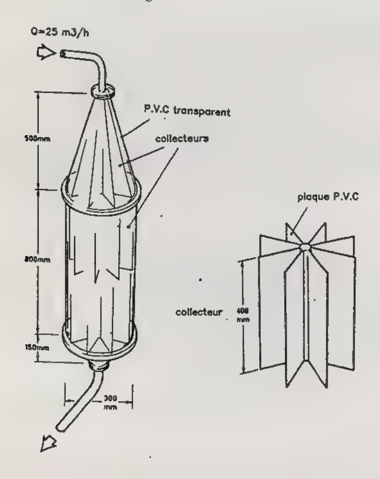


Fig. 3 : Module de suivi des moules dans les circuits.

Ces modules sont constitués de cylindre en P.V.C. de 30cm de diamètre et 1,5 m de haut. Ils sont alimentés en partie supérieure avec un débit maximal de 400 l/mn soit 25 m³/h. Les débits utilisés en 1983 et 1984 n'ont été que de 100 et 150 l/mn.

La partie supérieure, de forme conique, permet d'obtenir un gradient de vitesse dans le module (0,15 m/s à 1,5 m/s).

L'intérieur des modules est garni de collecteurs en P.V.C. disposés verticalement.

Suivi de croissance des populations:

La croissance des populations a été suivie par des mensurations bimensuelle à mensuelle de la longueur de coquille des individus fixés sur les collecteurs et de lots qualibrés enfermés dans des pochons sur lesquels il a été possible, en outre, d'appréhender la mortalité.

Les collecteurs ont été implantés en plusieurs points : canal d'amenée de la centrale et module témoin alimenté par pompage sur ce canal (absence de chloration), modules alimentés par piquage dans les stations de pompage (chloration à 0,8 et 0,4 mg/l), canal de rejet (présence d'O.R.T. et échauffement d'environ 10°C).

Mesures de qualité d'eau :

La teneur en oxydant résiduel total a été mesurée quotidiennement par la méthode à la D.P.D. (précision 0,01 mg/l) (PALIN, 1967).

La température et la concentration en ammoniaque ont été mesurées quotidiennement.

RESULTATS.

Les mesures ont été effectuées pendant les périodes de chloration du 16 mai au 24 novembre 1983 et du 6 juin au 28 novembre 1984 et durant la période hivernale sans chloration (décembre 1983 à mai 1984), où divers lots ont été suivis en zone à température naturelle et en zone échauffée.

Les résultats partiels que nous présentons concernent la comparaison d'efficacité de deux niveaux de chloration : 0,4 et 0,8 mg/l.

Evolution de la concentration en O.R.T. dans les circuits.

Les valeurs moyennes relevées sur les deux circuits chlorés sont les suivantes :

Teneur en oxydants résiduels (mg/l)		
point d'injection concentration théorique initiale	module en station de pompage	déversoir de rejet
0,84 mg/l (1983)	0,49 ± 0,025	0,27 ± 0,025
0,42 (1983)	0,29 ± 0,026	0,13 ± 0,026
0,80 (1984)	0,39 ± 0,023	0,27 ± 0,024

Quelques séries de mesures séquentielles d'O.R.T. ont pû être réalisées en sortie du module chloré à 0,4 mg/l; elles révèlent de très grandes fluctuations en fonction de la marée avec des maxima à pleine mer (0,5 mg/l) et des minima à basse mer (0,15 mg/l). Ces fluctuations sont dûes au mauvais mélange sur la verticale de la solution d'hypochlorite dans l'eau de circulation à pleine mer.

Fixation des larves et croissance dans le canal d'amenée.

En 1983 les principales fixations interviennent au début du mois de juin, des fixations secondaires sont observées en fin juillet et au début de septembre. En 1984 la principale période de fixation se situe en fin mai et les périodes secondaires sont en fin juin et à la mi-octobre. L'étude de LUBET (1983) sur l'influence du cycle thermique sur la gamétogénèse de *Mytilus edulis* indique une accélération de l'activité sexuelle entre 4°C et 11°C puis une stagnation au delà de 11°C. A 17°C la maturation sexuelle et la ponte sont particulièrement inhibées et l'auteur observe une cytolyse des ovocytes. Ces résultats expérimentaux expliquent la prédominance de la première période de fixation qui est intervenue pendant la phase thermique la plus favorable.

Au cours des deux années la croissance du naissain est comparable à celle mesurée en 1980 et 1981 par DEWARUMEZ (1984). La taille moyenne de coquille atteint 25 mm à 30 mm au mois de novembre soit 6 mois après la fixation et elle est de 55 mm au mois de novembre de l'année suivante.

Représentativité des modules.

Dans le module témoin alimenté en eau du canal d'amenée (débit moyen de 100 l/mn) la croissance du naissain est comparable à celle relevée dans le canal d'amenée sur les collecteurs en PVC qui y sont directement immergés. Du fait d'une émersion de 1 à 2 heures à marée basse, les moules de taille supérieure à 20 mm présentent cependant une croissance légèrement inférieure dans le module.

Effet de la température de l'eau.

Durant la période sans chloration (décembre à mai), on observe par rapport aux moules maintenues dans le canal d'amenée, une croissance supérieure de 20 à 25 % chez les moules maintenues dans le canal de rejet où l'échauffement est d'environ 10° C en permanence.

La différence entre ces taux de croissance se maintient tant que la température reste inférieure à 18°C dans le canal de rejet. Au delà de 18°C la tendance s'inverse : les moules du canal d'amenée présentent un taux de croissance nettement plus élevé que celles situées dans le rejet où la croissance devient très faible.

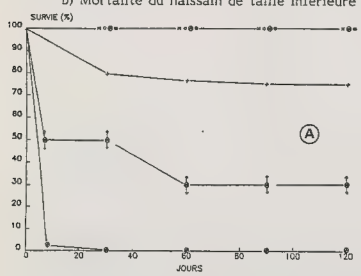
En 1984, avant le début de la chloration, fin mai-début juin, des fixations de naissain ont été observées dans le canal de rejet, sur des pochons en grillage plastique; la densité des fixations était de bien moindre importance que celle observée sur les mêmes supports dans le canal d'amenée. La température était alors comprise entre 20 et 23°C.

Efficacité comparée des deux niveaux de chloration (TRAVADE et al). (1984)

a) fixation du naissain.

A 0,8 mg/l aucune fixation n'a été observée de mai à novembre dans le module, par contre des fixations de moindre importance que dans le canal d'amenée ont été relevées à 0,42 mg/l.

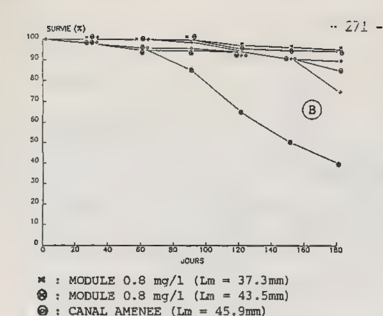
b) Mortalité du naissain de taille inférieure à 10 mm (fig. 4 a)



× : CANAL REJET (Lm = 12.8mm)
o : CANAL AMENEE (Lm = 15.3mm)
⊖ : MODULE AMENEE (Lm = 18.2mm)
• : MODULE 0.8 mg/l (Lm = 12.8mm)
+ : MODULE 0.8 mg/l (Lm = 11.3mm)
⊕ : MODULE 0.4 mg/l Naissain
⊗ : MODULE 0.8 mg/l Naissain

A 0,8 mg/l l'élimination est totale en 30 jours ; elle atteint 90 à 95 % de l'effectif en 10 à 20 jours. Le terme d'élimination recouvre dans le cas du naissain à la fois la mortalité et le détachement des petits individus; il a cependant été observé une mortalité totale des petits individus restant fixés sur les collecteurs.

A 0,4 mg/l le naissain est partiellement éliminé : 50 à 70 % de disparition au bout de deux semaines. Une faible proportion des individus restant fixés pendant toute la période de



✖ : MODULE 0.8 mg/1 (Lm = 37.3mm)
⊗ : MODULE 0.8 mg/1 (Lm = 43.5mm)
⊖ : CANAL AMENEE (Lm = 45.9mm)
o : CANAL AMENEE (Lm = 41.1mm)
✚ : CANAL REJET (Lm = 40mm)
⊕ : CANAL REJET (Lm = 45.9mm)

Figure 4. Survie de moules de diverses tailles soumises à plusieurs régimes de chloration.
A : naissain et L <30 mm
B : L.> 30 mm

chloration, cette proportion est très variable d'un collecteur à l'autre, elle est au maximum de 30 % en 150 jours.

c) Mortalité des grands individus (figure 4 b).

Les individus de 10 à 15mm présentent à 0,8 mg/l une mortalité maximale de 25 %, chez les individus de taille supérieure à 15 mm pour les deux niveaux de chloration aucune mortalité significative n'est apparue en 150 jours.

d) Croissance du naissain (figure 5a)

Quelle que soit la dose de chlore appliquée (0,4 ou 0,8 mg/l), la chloration bloque complètement la croissance pendant toute la durée de chloration (0,4 mg/l) et entraîne la mort des individus (0,8 mg/l).

Taille en mm

Fig. 5a

35
30
25
20
15
10
5

Début de la chloration.

Fin de la chloration.

Mortalité totale pour 0.8 mg/l.

Juin 30 Juil. 60 Aout 90 Sept. 120 Oct. 150 Nov. 180

Jours

CROISSANCE MOYENNE
PAR
SITE D'IMMERSION

CA1 : Canal d'amenée.
MA1 : Module alimenté en eau du canal d'amenée.
T41 : Chloration à 0.4 mg/l.
T42 : Chloration à 0.8 mg/l.

e) Croissance des grands individus (figure 5b)

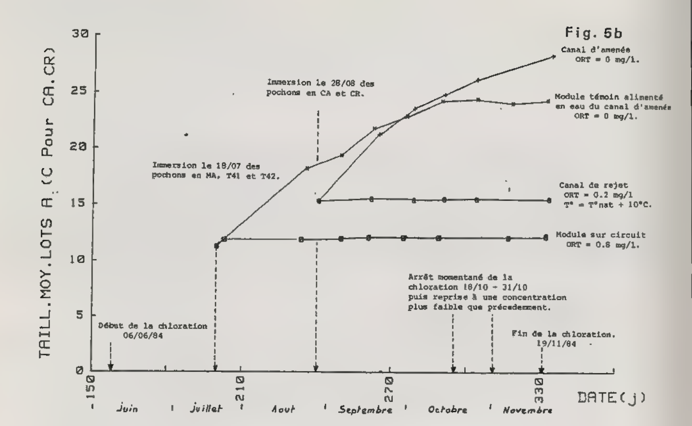


Figure 5. Croissance de moules de diverses tailles soumises à plusieurs régimes de chloration.

A la dose de 0,8 mg/l on note une absence totale de croissance pendant toute la durée de chloration (6 mois) pour les individus de taille supérieure à 10 mm. Aucune information n'a pu être recueillie sur les effets à la dose de 0,4 mg/l.

Observations réalisées dans le canal de rejet en période de chloration :

Les conditions de milieu dans le canal de rejet en période de chloration sont les suivantes: teneur en O.R.T. de l'ordre de 0,2 mg/l, température comprise entre 20°C et 30°C.

Quelques fixations de naissain ont été observées fin mai - début juin, avant le début de la chloration, sur des pochons en grillage plastique placés dans le canal de rejet. Elles semblaient être de bien moindre importance que celles observées sur des supports identiques dans le canal d'amenée. Durant la période de chloration, aucune autre fixation n'a été observée.

Les moules de taille supérieure à 12 mm n'ont en général pas présenté de mortalité significative durant 4 à 6 mois de stabulation dans le canal, à l'exception d'un lot de moules de grande taille (longueur supérieure à 40 mm) qui a subi une mortalité de 60 % au bout de 6 mois.

Il se produit un détachement progressif des moules fixées sur les collecteurs, conduisant à une élimination quasi totale de la population fixée après 6 mois de chloration.

CONCLUSION.

De l'étude menée *in situ* à la centrale de Gravelines en 1983 et 1984, il est possible de dégager les points suivants :

- le suivi sur site de la croissance des populations de moules dans les circuits soumis à chloration peut s'effectuer à l'aide des modules mis au point à cet effet.

- sur ce site, il semble possible de réduire la concentration en chlore injecté dans l'eau de circulation de la centrale de mai à novembre à 0,8 mg/l au lieu de 1 mg/l actuellement utilisé. Ce niveau de chloration devra cependant être suivi pendant plusieurs années pour s'assurer que les résultats obtenus en 1983 et 1984 sont représentatifs des conditions normales à long terme.

- l'injection de chlore à la concentration de 0,4 mg/l s'avère insuffisante pour assurer une protection efficace des circuits de réfrigération puisqu'elle ne provoque pas, en 150 jours, l'élimination totale du naissain fixé et ne prévient que partiellement sa fixation.

- aux deux niveaux testés, la chloration bloque la croissance des moules de toutes les classes de taille. Le naissain et les plus jeunes moules apparaissent cependant plus sensibles que les individus de grande taille (longueur de coquille supérieure à 15 mm). Ces derniers survivent en effet pendant au moins 150 jours à une injection continue à 0,4 et 0,8 mg/l.

- compte tenu de l'importance primordiale de la qualité de l'eau de mer (teneur en ammoniaque et en substances organiques dissoutes) dans l'évolution des oxydants résiduels engendrés par la chloration de l'eau de mer, il n'est pas actuellement envisageable d'extrapoler directement à d'autres sites de centrales nucléaires les résultats obtenus à Gravelines.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

DEWARUMEZ J.M., 1984. Etude de la croissance de la Moule (*Mytilus edulis*) sur le site de GRAVELINES, in Etude de la croissance des moules sur trois sites de centrales nucléaires Rapport CNEXO-COB-ELGMM 1984.

FIQUET J.M., 1978. Contribution à l'étude du dosage du chlore dans l'eau de mer. TSM l'eau. Avril 239-245.

FIQUET, J.M., 1984. Chloration de l'eau de mer. Influence de la concentration en ammoniaque sur la teneur en oxydants résiduels. Rev. Gén. Therm. Fr. Avril. 273-290.

KHALANSKI M., 1981. Données chimiques et biologiques recueillies en 1979-1980 sur l'eau prélevée et rejetée par la centrale de GRAVELINES. Rapport E.D.F. D.E.R. HE/31.81.13.

LUBET P.E., 1983. Experimental studies on the action of temperature on reproductive activity of the mussel *Mytilus edulis* L. , Mollusca, Lamellibranchia) J. Moll. Stud., Suppt. 12 A,100-105.

PALIN A.T., 1967. Methods for the determination in water of free and combined available chlorine, chlorine dioxide and chlorite, bromite, iodine and ozone using D.P.D. J. Inst. Water Engrs. 21. 537-547.

TRAVADE F., KHALANSKI M., LUTZ Ph., NEAU J., 1984. Réduction expérimentale de la chloration dans les circuits de réfrigération de la centrale de GRAVELINES. Synthèse des résultats acquis en 1983. Rapport EDF-DER HE/31.84.27.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 275 à 282

EFFETS DE LA POLLUTION PARTICULAIRE SUR LES MOLLUSQUES DU LITTORAL ROCHEUX DU GOLFE DE MARSEILLE

par
Patrick M. ARNAUD
Station Marine d'Endoume (CNRS UA 41) - 13007 MARSEILLE

ABSTRACT : POLLUTION EFFECTS OF SUSPENDED MATERIAL ON THE MOLLUSCS OF THE ROCKY LITTORAL OF THE GULF OF MARSEILLES.

A comparison was made, after an interval of three years, of the molluscan fauna at 7 stations in the rocky upper sublittoral zone (*Mytilus galloprovincialis*, *Corallina mediterranea* and *Cystoseira stricta* communities) at various distances from the outlet of the main sewer of the city of Marseilles.

It is shown that the permanent diversion of the River Huveaune into the sewer has aggravated pollution. Two thirds of the 56 molluscan species recorded in 1978 were absent three years later. The effects are a result of the addition of hypersediments to the predominant chemical polluants. The hypersedimentation has a mechanical effect which varies according to the ecology and ethology of the species involved and results in the disappearance of some ethological groups and the persistance of others. The addition appears to be advantageous to only one species, *Modiolus phaseolinus*.

An evolutionary pattern of hard bottom communities under increasing pollution is suggested and briefly compared to the pattern already known for soft bottom communities exposed to similar conditions.

RESUME :

Comparaison, à trois ans d'intervalle, de la faune malacologique de 7 stations de l'infralittoral rocheux superficiel (peuplements à *Mytilus galloprovincialis*, *Corallina mediterranea* et *Cystoseira stricta*) situées à des distances variables du grand émissaire de Marseille-Cortiou.

La seconde série de prélèvements quantitatifs (quadrats de 20 cm x 20 cm) permet de mesurer l'aggravation de la pollution sous l'effet du détournement de l'Huveaune dans le grand collecteur des eaux usées de la ville de Marseille : les 2/3 des 56 espèces de mollusques observées en 1978 avaient disparu moins de 3 ans après. Elle montre aussi que cette aggravation est principalement le fait de l'hypersédimentation venue s'ajouter à la pollution à dominante chimique. Cette hypersédimentation a eu surtout des effets mécaniques, variables selon l'écologie et l'éthologie des diverses espèces : disparition de groupes éthologiques, maintien des autres. Une seule espèce semble "avantagée" par ce supplément de pollution, *Modiolus phaseolinus*.

Un schéma d'évolution des peuplements de substrat rocheux soumis à pollution croissante est proposé et brièvement comparé au mode d'évolution connu pour les peuplements de susbtrats meubles.

INTRODUCTION :

Le grand collecteur d'égouts de la ville de Marseille, ville de 900.000 habitants, débouche à la surface de la mer au fond de la calanque de Cortiou. L'Huveaune, petit fleuve côtier très pollué traversant la ville, y est détourné, en été depuis 1960, et en permanence depuis le 28 janvier 1980. Les effluents, à dominante organique, s'accompagnent de rejets de matières particu-

laires en suspension estimées à 54 t $jour^{-1}$. Bitar (1980) indique aussi le rejet quotidien de dizaines de tonnes de détergents, 302 t de sels dissous, 785 kg d'hydrocarbures et 16,7 kg de phénol. Arfi (1978) précisait de plus qu'au débouché de l'émissaire, la teneur en bactéries dépassait 12.10^6 ml^{-1} (bactéries marines, terrigènes et entériques).

Les effets de la pollution issue de l'émissaire de Cortiou, avant dérivation permanente de l'Huveaune, ont fait l'objet de divers travaux concernant surtout les substrats meubles (bibliographie *in* Bitar, 1980 et Bellan et Bourcier, 1984). Le seul travail détaillé portant sur les substrats durs a été celui de Bitar (1980, 1982), dont sont tirées toutes les données 1978 utilisées ici. Quant aux effets conjoints du grand collecteur et de l'Huveaune, ils n'ont suscité qu'une seule publication, concernant les Polychètes de substrats meubles (Bellan et Bourcier, 1984).

La présente note, qui concerne au contraire les peuplements malacologiques des substrats rocheux infralittoraux, ne vise pas seulement à dégager quelques particularités de l'évolution des peuplements sous l'effet de cette aggravation de la pollution par les apports de l'Huveaune. Il y a aussi là une occasion exceptionnelle de tenter de distinguer sur substrat dur les effets de l'hypersédimentation de ceux de la pollution principalement chimique. En effet, les espèces de 1978 étaient évidemment résistantes à une pollution chimique déjà ancienne (et ayant éliminé le reste des espèces); après dérivation permanente de l'Huveaune, il y a eu augmentation de la pollution chimique, mais plus encore adjonction d'apports particulaires irréguliers mais importants surtout en automne-hiver (grosses pluies lessivant le bassin versant de l'Huveaune et érodant son lit).

MATERIEL ET METHODES :

Bitar (1980, 1982), antérieurement au détournement permanent de l'Huveaune, avait étudié les effets de la pollution en 7 stations de substrats rocheux calcaires situés à des distances variables de Cortiou (Fig. I) et référables aux trois peuplements suivants :

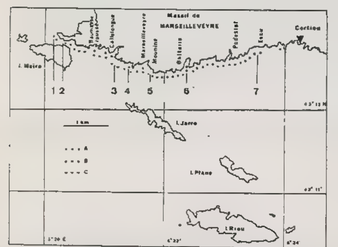


Fig. 1 - Localisation des 7 stations étudiées. A:*Mytilus galloprovincialis*(stations 2 et 5);B:*Corallina mediterranea* (stations 1, 4,6,7); C: *Cystoseira stricta* (station 3). figure reproduite de Bitar (1982).

Corallina mediterranea: stations 1, 4, 6, 7
Moulière à *Mytilus galloprovincialis* : Stations 2 et 5.
Cystoseira stricta : station 3.

En chaque station, 5 grattages de 1/25ème de m² (quadrats de 20 cm x 20 cm) en été et en hiver 1978 lui avaient permis, après tamisage à 1 mm, d'analyser et comparer entre stations la composition qualitative et quantitative de l'ensemble des groupes zoologiques présents, y compris les mollusques identifiés par nos soins.

La répétition, en 1980-1981, donc après détournement de l'Huveaune, de ces grattages (à raison d'un hivernal et d'un estival par station) sert de base aux résultats suivants, en permettant diverses comparaisons avec les données de Bitar (1980, 1982). Mais toute comparaison entre les résultats des deux périodes de référence devra tenir compte du fait que pour 1980-1981 on ne dispose pour chaque station que de 2 prélèvements, hiver et été (au lieu de 10 : 5 en hiver et 5 en été), sauf pour les stations 4 et 6 dont le prélèvement hivernal a été accidentellement perdu. C'est pourquoi seules les tendances statistiquement significatives seront examinées ici.

RESULTATS.

Nous envisagerons successivement l'évolution de la richesse spécifique et celle des effectifs.

1.- Richesse spécifique.

a) Evolution annuelle

Le tableau 1 souligne une chute du nombre d'espèces observées entre 1978 et 1980-1981. Sur un total de 58 espèces observées aux 7 stations étudiées, 56 étaient présentes dans les prélèvements de 1978 contre 20 seulement (dont 2 nouvelles par rapport à 1978) dans ceux de 1980-1981: au lieu de 2 Polyplacophores, 26 prosobranches, 12 Opisthobranbches et 16 Bivalves, on observe seulement en 1980-1981, 2 Polyplacophores, 9 Prosobranches, 2 Opisthobranches et 7 Bivalves. Mais il faut tenir compte du nombre beaucoup plus faible de prélèvements faits en 1980-1981, et nous reviendrons plus loin sur la signification de ce phénomène à propos des espèces accidentelles.

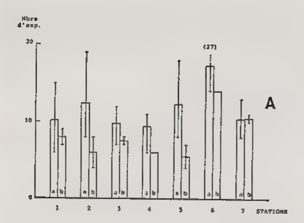
La baisse de richesse spécifique a varié selon les stations, étant comprise entre 62 et 72 % aux stations 1, 2 et 4 à 6, de 40 % à la station 3 et de 35 % à la station 7. Un bilan par type de peuplement montre que le peuplement à *Mytilus* (stations 2 et 5) est le plus affecté (diminution de 67 % de la richesse spécifique), suivi de près par le peuplement à *Corallina* (moins 58%) Le peuplement à *Cystoseira* se distingue par la baisse relativement faible du nombre de ses espèces : 40 %.

Considérons pour chaque station non plus le nombre d'espèces de l'ensemble des prélèvements, mais le nombre moyen d'espèces obtenu par prélèvement (fig. 2 A) : sauf pour la station 7, les moyennes 1980-1981 sont inférieures à celles de 1978 et proches des minima absolus de cette année de référence, même lorsque cette différence n'est pas statistiquement significative.

b) Evolution saisonnière (fig. 3 A)

Bien qu'il manque deux valeurs hivernales pour 1980-1981, on peut dégager deux tendances complémentaires :

- diminution du nombre d'espèces, en hiver plus encore qu'en été;
- en hiver 1978, le nombre moyen d'espèces des 7 stations était inférieur (ou rarement subégal) au nombre estival d'espèces en ces mêmes stations. En 1980-1981, on note une tendance inverse.



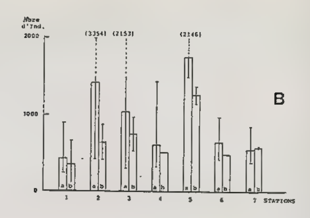


Figure 2. Evolution du nombre moyen d'espèces (A) et d'individus (B), en hiver (a) et en été (b) dans les 7 stations étudiées. L'écart des valeurs extrêmes est indiqué par une barre verticale (sauf pour l'hiver des stations 4 et 6, dont les prélèvements ont été accidentellement perdus).

2.- Effectifs

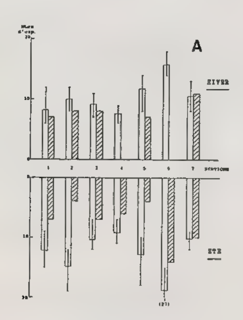
a) Evolution annuelle (fig. 2 B)

Entre 1978 et 1980-1981, les nombres d'individus (effectifs ou abondances) ont peu varié même si, sauf à la station 7, les nombres moyens d'individus semblent tous en baisse.

b) Evolution saisonnière (fig. 3 B)

Deux tendances sont observées :

- les moyennes hivernales et estivales sont généralement en baisse;
- en hiver 1978 et 1980-1981, les effectifs des espèces sont habituellement analogues à ceux d'été dans les mêmes stations.



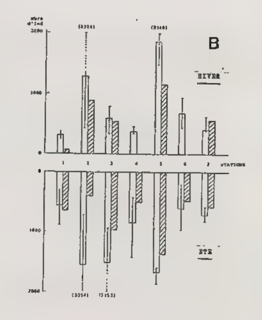


Figure 3. Evolution du nombre moyen d'espèces (A) et d'individus (B) en hiver et en été, en 1978 (blanc) et en 1980-1981 (hachuré), dans les 7 stations étudiées. Voir aussi légende fig.2.

ANALYSE DES RESULTATS

Le tableau 1 avait mis en évidence trois catégories d'espèces : celles qui n'ont pas été réobservées, celles qui se sont maintenues et celles qui ont disparu. Examinons la composition et donc la signification de ces trois catégories.

1.- Espèces non retrouvées en 1980-1981.

Elles sont au nombre de 38 et peuvent être classées comme suit :

- Bivalves cavicoles et assimilés : *Lithophaga lithophaga*, *Notirus irus*, *Petricola lithophaga*, *Gastrochaena dubia*, *Arca lactea* et *Venerupis rhomboïdes* ne sont plus observés, et *Hiatella arctica* est en forte régression.
- *Patella caerulea* qui était connue des 7 stations n'est plus observée.
- Opisthobranches : 11 sur 12 manquent.
- Espèces "accidentelles" en 1978 : en plus des Opisthobranches et d'*Anomia ephippium*, tous plus ou moins accidentels en 1978, on note la disparition de 15 Prosobranches et de 3 petits bivalves cavicoles. Mais il est clair que la non observatidon en 1980-1981 des nombreuses espèces "accidentelles" de 1978 (alors en petit nombre et seulement en 1 ou 2 stations) est à considérer avec prudence car très peu significative. Cependant quelques unes au moins de ces espèces devraient être observées, même si 12 prélèvements au lieu de 70 ont été faits en 1980-1981 : un certain appauvrissement au niveau de ces espèces est donc bien réel, même s'il est beaucoup moins marqué qu'il n'y parait.

La "disparition" des bivalves cavicoles, des Opisthobranches et de *Patella caerulea* est facile à interpréter en termes d'hypersédimentation : colmatage des microcavités et fissures éliminant les cavicoles et problèmes trophiques (ennoyage et élimination des proies) et mécaniques (engorgement des branchies, obstacle aux déplacements...) dans le cas des Gastéropodes.

2.- Espèces retrouvées en 1980-1981

Au nombre de 18, elles échappent à l'hypersédimentation de 1980-1981 (8 espèces) ou en sont plus ou moins affectées (10 espèces).

- 3 Mytilidae, c'est à dire des bivalves épibiotes filtreurs à byssus, donc susceptibles d'éviter l'ennoyage par les particules tout en profitant d'une abondante nourriture, restent dominants dans les trois peuplements.
- 4 espèces bien connues de niveaux plus élevés : l'étage médiolittoral (*Patella aspera*, *Middendorfia caprearum* et *Lasaea rubra*) ou même l'étage supralittoral (*Melaraphe neritoides*). Ceci suggère une résistance particulière aux conditions de milieu extrêmes et l'éventualité de migrations verticales vers les étages plus élevés ou au contraire à partir d'eux.
- 1 Prosobranche prédateur et indicateur de pollution (Bellan-Santini, 1969) résiste bien : *Ocinebrina edwardsi*.
- 1 Prosobranche vasicole, *Diodora graeca*, en regression cependant.
- 2 bivalves cavicoles, en forte diminution, *Hiatella arctica* et *Cardita aculeata*.
- 7 Gastéropodes microphages, brouteurs et/ou détritivores, en diminution (à part *Fissurella nubecula*).

Année	1978							1980 - 1981						
Stations	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Mytilus galloprovincialis	248	1307,7	894,3	388,2	1697,7	402,3	419,4	243	580,5	700	384	1208,5	336	401
Musculus costulatus	235	28,9	91,3	31,2	36,9	40,3	60,3	4	0,5	21,5	10	31	27	40
Brachidontes minimus	75,5	16,7	15,5	31,1	2,7	41,3	45,1	69,5	.	8,5	13	.	417	94
Patella aspera	37	41	10	30	9	3	16	15	50	5	25	12	18	11
Acanthochiton fascicularis	16,4	1,9	1,5	6,6	0,7	3,4	2,3	5	1	2	4	0,5	3	5
Middendorfia caprearum	29,8	4,7	4,3	116,1	0,5	2,6	6,3	14	1	3	69	.	.	7
Hiatella arctica	1,4	2,2	17,2	2,8	2,3	2,1	0,5	.	.	.	.	7	1	.
Diodora graeca	0,3	1,5	0,8	0,3	0,5	0,3	0,2	.	.	1,5	.	.	.	.
Cardita aculeata	1,2	1,5	0,2	0,1	0,9	10,7	0,1	.	.	.	.	.	1	.
Lasaea rubra	0,3	0,2	6,6	0,8	0,1	0,4	0,3	.	.	.	.	.	.	0,5
Ocinebrina edwardsi	0,4	3	0,1	.	1,6	3,1	0,9	0,5	2,5	1,5	.	1	3	.
Melaraphe neritoides	0,3	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3	.	2,5	0,5	2,5	.	.	.	2
Bittium reticulatum	0,3	0,6	0,1	0,1	0,7	4,6	.	.	.	0,5	.	0,5	2	.
Odostomia rissoides	.	8,8	0,9	.	8,9	1,3	.	.	5,5	1	.	.	.	3,5
Fissurella nubecula	.	0,1	.	.	.	8,1	1,4	.	.	.	.	.	12	14
Pisinna sp.	0,1	.	.	.	.	15,9	.	.	.	.	.	.	13	.
Setia semistriata	.	0,4	.	.	.	0,1	.	.	.	.	.	0,5	.	.
Tricolia pullus	.	.	.	.	.	87,6	.	.	.	.	.	.	9	.
Patella caerulea	0,1	0,3	0,6	0,2	0,1	0,3	4,9							
Rissoidae indet.	0,2	0,3	0,1	0,1	1,6	6,1								
Petricola lithophaga	0,2	0,2	0,4	0,1	.	8,1	.							
Gastrochaena dubia	0,1	1	0,1	.	.	0,2	0,5							
Runcina coronata	.	0,1	.	.	6,2	1,3	0,5							
Lithophaga lithophaga	0,4	0,2	.	0,1	.	-	.							
Arca lactea	0,1	0,1	.	.	0,1	.	.							
Placida dendritica	0,1	.	.	.	0,3	.								
Alvania cimex	0,1	.	.	.	.	0,4								
A. montagui	0,1	.	.	.	.	0,6	.							
Manzonia costata	0,1	.	.	.	.	0,1	.							
Notirus irus	0,1	.	.	.	.	0,6	.							
Chrysallida cf. intermedia	.	.	.	.	0,1	0,1	.							
Mysella bidentata	.	.	.	.	0,1	0,6	.							
Spurilla neapolitana	.	.	.	.	.	0,2	0,1							
Alvania cancellata	.	0,1	.	.	.	.	.							
Anomia ephippium	.	0,5	.	.	.	.								
Hinia incrassata	.	0,1	.	.	.	.								
Doto cuspidata	.	.	0,1	.	.									
Berghia caerulescens	.	.	0,1	.	.	.	.							
Haliotis lamellosa	.	.	.	.	0,1	.	.							
Scissurella costata	.	.	.	.	0,1	.	.							
Caecum subannultum	.	.	.	-	0,1	.	.							
C. trachea	.	.	.	.	0,1	.	.							
Turbonilla lactea	.	.	.	.	0,1	.	.							
Chrysallida cf. emaciata	.	.	.	.	0,1									
Facelina sp.	.	.	.	.	0,1									
Chlamys sp., juv.	.	.	.	.	0,1	.	.							
Coriandria soluta	.	.	.	.	-	1,5	.							
Euthria cornea	.	.	.	.	.	0,2								
Ammonicera fischeriana	.	.	.	.	.	0,1								
Amyclina corniculum	.	.	.	.	.	0,1								
Persicula miliaria	.	-	.	.	.	0,1	.							
Chrysallida excavata	.	.	.	.	.	0,1								
Eondiella alderi	.		.	.	.	0,1	.							
Venerupis pullastra	.	.	.	.	.	0,1	.							
V. rhomboides	.	.	.	.	.	0,1	.							
Monodonta turbinata	.	.	.	.	.	.	0,1							
Modiolus phaseolinus								.	.	1	.	.	7	3
Onchidella celtica								1	.	.	.	.	-	-
ESPECES OBSERVEES	25	26	20	16	29	39	17	9	9	12	6	8	13	11

Tableau 1 - Abondance moyenne des mollusques en 1978 et 1980-1981 dans les 7 stations étudiées. Pour 1978, ces moyennes portent sur 10 prélèvements par station et pour 1980-1981, sur 2 prélèvements par station.

3.- Espèces nouvellement observées en 1980-1981

Seules 2 espèces appartiennent à cette catégorie. La plus intéressante est *Modiolus phaseolinus*, connue en Méditerranée comme caractéristique du Détritique Côtier (Poizat, 1969) et apparue en 3 stations. Malgré sa petite taille, ce Mytilidae est donc avantagé par ces conditions extrêmes de pollution chimique et particulaire auxquelles les trois Mytilidae précités étaient eux-mêmes quasi insensibles.

CONCLUSIONS

En 1978, sur 56 espèces, 18 étaient communes aux trois peuplements et 8 à deux d'entre eux : 14 des premières et 2 des secondes sont réobservées en 1980-1981. Il y a donc eu maintien de 16 des 26 espèces que l'on pouvait considérer comme particulièrement tolérantes du point de vue écologique. Parmi les espèces de ce "noyau dur" du stock commun, certaines ont bien maintenu leurs effectifs et leurs fréquences (les 3 Mytilidae, les 2 Polyplacophores, *Ocinebrina Odostomia*), tandis que d'autres sont en régression. Au contraire, une seule espèce est apparue, *Modiolus phaseolinus*, mais en nombre modeste.

Cette évolution essentiellement régressive des peuplements concernés se distingue nettement de celles que l'on connait pour les fonds meubles. Sur les fonds sableux ou sablo-vaseux, on constate en effet, en cas de pollution intense, une sorte d'"explosion" de l'effectif de quelques espèces qui se trouvent favorisées ou même d'espèces vasicoles jusqu'alors absentes du peuplement, telles *Corbula gibba, Myrtea spinifera* ou *Thyasira flexuosa*.Des cas analogues ont souvent été cités à propos des Annélides Polychètes (Bellan, 1967).

Dans le cas des substrats meubles, il y a ainsi une sorte de compensation à l'élimination massive des espèces caractéristiques du peuplement par un développement remarquable d'espèces vasicoles préexistantes ou "colonisatrices".

Pour les substrats durs qui ne sont pas verticaux ou subverticaux et n'échappent donc pas au dépôt des particules en suspension dans les eaux, on peut maintenant suggérer la séquence suivante d'évolution de la faune malacologique sous l'effet de l'hypersédimentation de plus en plus intnse :

- élimination des mollusques sessiles soudés à la roche : *Ostreidae, Chamidae, Anomiidae, Vermetidae;*
- élimination des bivalves cavicoles;
- élimination des microphages mobiles (herbivores et certains détritivores);
- élimination des bivalves épibiotes filtreurs à byssus de type Mytilidae;
- enfin, passage éventuel, au terme de cette évolution typiquement régressive, à un peuplement de substrat meuble à base de vasicoles, avec développement "explosif" de quelques espèces. Bien sûr, des vasicoles peuvent apparaître bien plus tôt dans le peuplement de substrat dur si des "poches" suffisantes de vase se forment, par exemple dans des cuvettes de la roche, ou entre des blocs. Ainsi, les quais très pollués du Vieux Port de Marseille comportaient simultanément, il y a 15 ans (Arnaud et Leung Tack, 1971) des *Ostreidae, des Anomia, des Mytilidae* et des microphages mobiles sur leurs parois verticales, des cavicoles dans des trous de leurs blocs, et des vasicoles dans les cavités entre ces blocs.

Enfin, il faut souligner que les effets de l'hypersédimentation sont aggravés en été par la plus grande stagnation des eaux et la température élevée, ce qui explique une fréquente diminution estivale du nombre d'espèces et/ou de leurs effectifs dans les stations peu profondes (voir les variations saisonnières dans les 7 stations étudiées). Mais les manifestations de ce phénomène ne constituent qu'une accélération transitoire des effets régressifs mis en évidence ici.

REMERCIEMENTS.

Je remercie Christian BERNARD et Michèle GALAS pour leur aide technique à l'occasion de ce travail.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

ARFI, R., 1978 - Plancton et pollution : effets d'un rejet urbain (grand émissaire de Marseille). Traitement des données. Univ. Aix-Marseille II, thèse Spéc. : 1-119.

ARNAUD, P.M., et LEUNG TACK, D., 1971 - Faunes malacologiques du Lacydon antique et du Vieux Port de Marseille : comparaison écologique et remarques sur la pollution. *Téthys*,3 (1) : 105-112.

BELLAN, G., 1967 - Pollution et peuplements benthiques sur substrat meuble dans la région de Marseille. 1. Le secteur de Cortiou. *Rev. int. Océanogr. médic.*, 6-7 : 53-87.

BELLAN, G., et BOURCIER, M., 1984 - Bilan écologique du détournement permanent d'un petit fleuve côtier dans l'émissaire d'eaux usées d'une grande ville.*Mar. env. Res.*,12 : 83-111.

BELLAN-SANTINI, D., 1969 - Contribution à l'étude des peuplements infralittoraux de substrat rocheux. Etude qualitative et quantitative de la frange supérieure. *Rec. Trav. Sta.mar. Endoume*, 63 (Bull. 47) : 5-294.

BITAR, G., 1980 - Etude de l'impact de la pollution par un émissaire urbain (collecteur Cortiou) sur les peuplements infralittoraux de substrats durs de la côte sud de Marseilleveyre (Marseille). Univ. Aix-Marseille II, thèse 3ème Cycle Océanogr. biol. : 188 pp.

BITAR, G., 1982 - Influence d'un grand émissaire urbain sur la distribution du zoobenthos de substrat dur dans la région de Marseille (Méditerranée nord-occidentale). *Téthys*, Marseille 10 (3) : 200-210.

POIZAT, C., 1969 - Le débouché des calanques entre Marseille et La Ciotat : étude des peuplements et des sédiments. *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*,61 (Bull. 45) : 367-436.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 283 à 299

EVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DE POPULATIONS ESTUARIENNES DE BIVALVES, LIEE A DES PERTURBATIONS NATURELLES OU ARTIFICIELLES.

par

Jean-Paul DUCROTOY et Michel DESPREZ

Groupe d'Etude des Milieux Estuariens et Littoraux
80230 SAINT-VALERY-SUR-SOMME

ABSTRACT. CHANGES IN TIME AND SPACE OF ESTUARINE POPULATIONS OF BIVALVES IN RELATION TO NATURAL OR ARTIFICIAL DISTURBANCES.

The recent evolution of North-West European estuarine ecosystems leads to the dominance of some species of the intertidal macrozoobenthos, more particularly the Polychetes, while several species of Bivalves appear to decline : populations frequently collapse, may be as a result of epidemics. This situation is alarming for aquaculture and especially for the yield of non-cultivated species such as *Cerastoderma edule* and *Scrobicularia plana*.

In order to point out the main factors of this evolution, this paper intends to examine the population dynamics of four species : *Mya arenaria, Scrobicularia plana, Cerastoderma edule* and *Macoma balthica*. This study compares the results of two nearby estuaries (Seine & Somme) where recent human activities involve two opposite sedimentary evolutions (sand or silt input).

The growth study concerns particularly *Macoma balthica* in which species the spatio-temporal evolution of biomass and condition index allow a consideration of the populations turnover factors.

The discussion takes into account the results of other estuaries and estuarine areas, particularly the Wadden Sea.

INTRODUCTION.

Les mollusques s'avèrent très importants dans le fonctionnement des écosystèmes estuariens du Nord-Ouest de l'Europe. BEUKEMA (1979) a montré que la biomasse moyenne du macrozoobenthos intertidal d'une vasière de la mer des Wadden, entre 1971 et 1978, était de 19,6 g (poids sec sans cendre). m^{-2} , dont 12,3 g attribués aux seuls bivalves : *Mya arenaria, Cerastoderma edule, Macoma balthica* et *Mytilus edulis*.

En Baie de Somme, la biomasse moyenne s'élevait, en 1981-1982, à 27,38 $g.m^{-2}$ et les mollusques y contribuaient à concurrence de 62,5 % (DUCROTOY 1984 b). Cependant, depuis ces premières quantifications, on a pu observer un effondrement des populations des quatre espèces de bivalves *Mya arenaria, Cerastoderma edule, Macoma balthica* et *Scrobicularia plana* dont deux, la coque (*C.e.*) et la fausse-palourde (*S.p.*), représentent une ressource loin d'être négligeable pour l'économie de la Région de Picardie (DUCROTOY 1984 b).

Une comparaison de la croissance de *Macoma balthica* observée sur le littoral picard avec celle mesurée en estuaire de Seine a montré l'intérêt de comparaisons inter-sites (DUCROTOY et col. 1985) surtout quand certains aménagements créent des conditions de développement dont les effets sont très nets et se révèlent aisés à interpréter.

De nombreux auteurs ont d'ailleurs montré l'intérêt des études portant sur ce Tellinidé comme intégrant parfaitement (aussi bien dans la structure que la dynamique de ses populations) l'évolution des facteurs de l'environnement : granulométrie du sédiment, caractéristiques physico-

chimiques de l'eau et du substrat, climat, compétition inter-spécifique, etc... (CHAMBERS & MILNE 1975, WARWICK & PRICE 1975, WOLFF & DE WOLF 1977, BEUKEMA 1982, BACHELET 1982, ELLIOTT & MC LUSKY 1985).

Ainsi, les mesures de croissance, l'évolution des effectifs et des biomasses des bivalves estuariens au cours du temps, intègrent à long terme les facteurs mésologiques, qu'ils soient d'origine naturelle ou artificielle. Ces organismes vivant en association étroite avec le sédiment, font preuve de déplacements réduits et permettent une bonne reproductibilité de l'échantillonnage.

En dehors de son intérêt régional pour juger de l'évolution de la qualité des eaux des deux estuaires (voir WILSON et col. à paraître) et permettre une meilleure compréhension des mécanismes de renouvellement des stocks de bivalves exploités, la présente étude s'inscrit dans une réflexion européenne au sein du programme COST 647 dont le but est de mieux comprendre les variations, parfois surprenantes, des effectifs des invertébrés marins et d'identifier les paramètres gouvernant cette dynamique.

MATERIEL, METHODE.

1. Prélèvement :

Les quatre espèces de bivalves *Mya arenaria* (Linné), *Cerastoderma edule* (Linné), *Macoma balthica* (Linné) et *Scrobicularia plana* (Da Costa) ont été échantillonnées en Somme et en Seine dans le cadre d'un suivi du benthos sur des stations-pilotes ou le long de radiales repérées à cet effet (DUCROTOY 1984b, DESPREZ 1981, 1985).

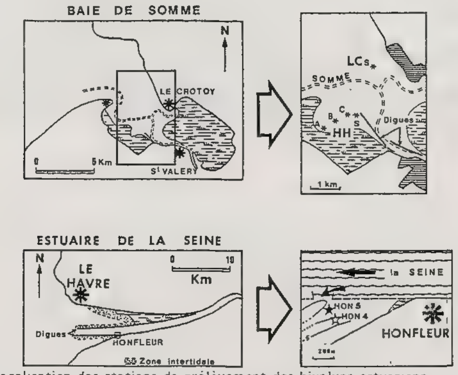


Fig. 1. Localisation des stations de prélèvement des bivalves estuariens.
Altitudes approximatives au-dessus du zéro des cartes marines françaises
* en Baie de Somme : HHA=8m, HHB=7,5m, HHC=6,2m, HHS=6m; LCS=6,5m
* en estuaire de Seine : HON 4 = 5 m, HON 5 = 4m

Dans l'estuaire de la Somme, deux séries de stations ont été retenues dans le cadre de cet article (Fig. 1) :

* HH (Hourdel-Hornu) au sud de l'estuaire, derrière une digue submersible; les stations A, B et C se répartissent sur 1000 m, de haut en bas de l'estran, S voisinant C mais ayant peu subi l'invasion de *Pygospio elegans;*
* LC (Le Crotoy) au nord, sur d'anciens gisements de coques (DESPREZ et col. 1985).

Dans l'estuaire de la Seine, deux stations ont été sélectionnées au sud de l'embouchure (Fig. 1) :

* HON 5 (Honfleur 5) à proximité d'une digue submersible dans laquelle une brèche a été ouverte en été 1980,
* HON 4 (Honfleur 4) n'ayant pas ou peu subi les répercussions de l'ouverture du déversoir.

Pour le protocole d'échantillonnage, on se reportera à la description donnée par DUCROTOY et col. (1985). En 1982, un carottier de 1/30 m² a été testé dans les vasières de la Somme, puis un T.A.S.M. (Tubo de Amostragem de Sedimentos Moveis, DE SOUZA REIS non publié) de 1/50m² a servi à prélever 5 ou 10 carottes à chaque station de la Seine ou de la Somme.

2. Traitement des échantillons:

Les effectifs ont été suivis sur chaque station et ramenés en densité au m². Les travaux de biométrie (mesure de l'axe antéro-postérieur en 1/10 mm) des coquilles ont permis, en liaison avec un comptage des stries annuelles d'arrêt de croissance hivernal, de suivre les classes d'âge des animaux.

Les mesures de biomasse ont été réalisées au Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee par le Dr. J.J. BEUKEMA dans le cadre du programme européen COST 647 (pour la méthode, voir BEUMEKA 1974).

RESULTATS.

1. Evolution spatio-temporelle des effectifs :

Dans toutes les stations prospectées de 1981 à 1985 dans les estuaires de la Seine et de la Somme, on remarque un effondrement quais-général des densités des quatre espèces de bivalves étudiés, sauf quelques exceptions; les cycles saisonniers dans plusieurs situations, deviennent méconnaissables.

En Baie de Somme (Fig. 2), il est vrai que les effectifs des quatre espèces diminuent brutalement au cours de l'année 1982 pour se stabiliser à des niveaux très bas, voire nuls (disparition de *Mya arenaria* et de *Cerastoderma edule*, régression de *Scrobicularia plana,* tant dans les sédiments très fins de haut d'estran (HHA) que dans les sables vaseux situés à proximité du chenal de la Somme (HHC). A la station voisine HHS, on note des effectifs assez bas dès l'hiver 1981-1982 et qui, paradoxalement, s'accroissent en 1982-1983. En 1984, la situation s'avère alarmante pour tous les bivalves (*Macoma balthica* compris), tant sur les stations présentées ici que sur les autres stations prospectées sur l'ensemble de la baie. Cependant, *Macoma balthica* fait preuve d'une relative

stabilité en HHA, où les cycles saisonniers se reconnaissent nettement, et en LCS (Fig. 5b), malgré une courte éclipse en 1984, puis une remontée spectaculaire en juillet 1985, comme pour *Cerastoderma edule* (Fig. 5c). A cette station, le fort accroissement provisoire du nombre d'individus de cette dernière espèce pendant l'automne 1984 découle d'un réensemencement (R) en naissain allochtone.



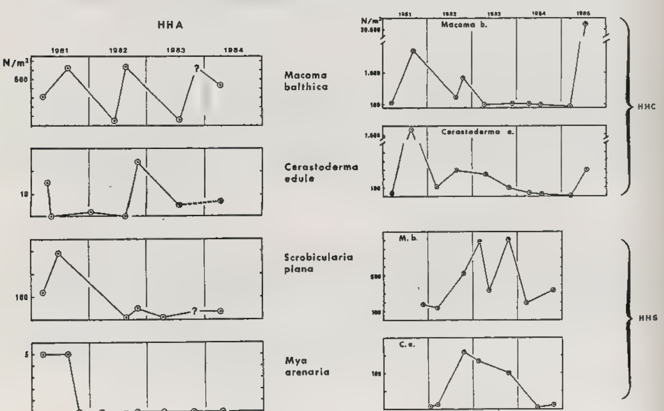


Fig. 2. Evolution temporelle des densités (N.m^{-2}) des 4 espèces de bivalves de 1981 à 1984 en HH et de 1981 à 1985 en LC. (Ne sont reportés que minima et maxima de chaque année, 3 valeurs au maximum).

En Estuaire de Seine (Fig. 3) toutes les espèces chutent brutalement et en synchronisme en 1981 à la station HON 5. A HON 4, dont le faciès stable est représentatif de la communauté à *Macoma* de l'estuaire (DESPREZ et col. 1983), *Mya arenaria* montre un recul certain mais demeure à des densités de 25 individus.m^{-2} qui correspondent essentiellement au recrutement des juvéniles. *Scrobicularia plana* et *Cerastoderma edule* ne permettent pas de mettre en évidence un cycle pluriannuel des effectifs, au contraire de *Mya arenaria* et *Macoma balthica* qui fait preuve d'une certaine stabilité (malgré un léger fléchissement relatif en 1982).

A cette évolution temporelle, on doit associer une évolution spatiale des peuplements, analysée dans la Somme. L'aire occupée par *Cerastoderma edule* diminue corrélativement à la chute des effectifs (Fig. 4). Ce phénomène s'accompagne d'une remontée des faciès à coques vers des niveaux bathymétriques supérieurs (DESPREZ et col. 1985). *Macoma balthica*, au contraire, augmente l'importance des zones qu'elle occupait jusqu'en 1983 sans pour cela atteindre des densités plus élevées jusqu'au printemps 1985. Un déplacement des populations vers le bas apparaît cependant en 1982, sous la forme d'un "relai" qui se produit entre HHC et HHS (Fig. 2).

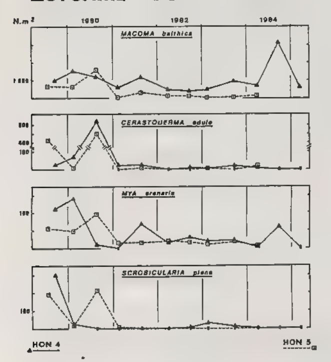


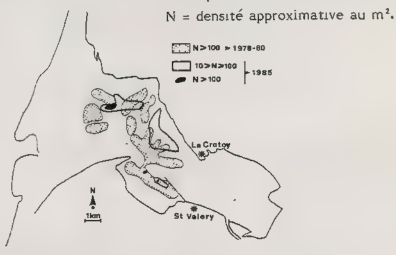
Figure 3. Evolution temporelle des densités des 4 espèces de bivalves dans l'estuaire de la Seine de 1979 à 1985.

L'ouverture du déversoir se produit en août 1980.

(Ne sont reportés que minima et maxima de chaque année, 3 valeurs au maximum).

Figure 4. Evolution spatiale des populations de coques en Baie de Somme.

N = densité approximative au m².



2. Evolution démographique - Recrutement :

a) Dans la Somme, les populations étudiées de *Mya arenaria* situées en haut d'estran dans des sédiments très fins (teneur en fines supérieure à 30 %) n'ont jamais montré de recrutement, sauf en 1984. Au contraire, en estuaire de Seine, dans des sédiments initialement comparables (HON 4), les juvéniles (longueur antéro-postérieure du test inférieure à 10 mm) représentent l'essentiel de la population.

b) *Scrobicularia plana*, tant en Seine qu'en Somme, ne présente plus, à partir de 1982, que des populations vestigiales, sans qu'aucun recrutement efficace ne soit jamais observé (Fig.5a). Notons, pourtant, l'apparition de quelques jeunes en 1985.

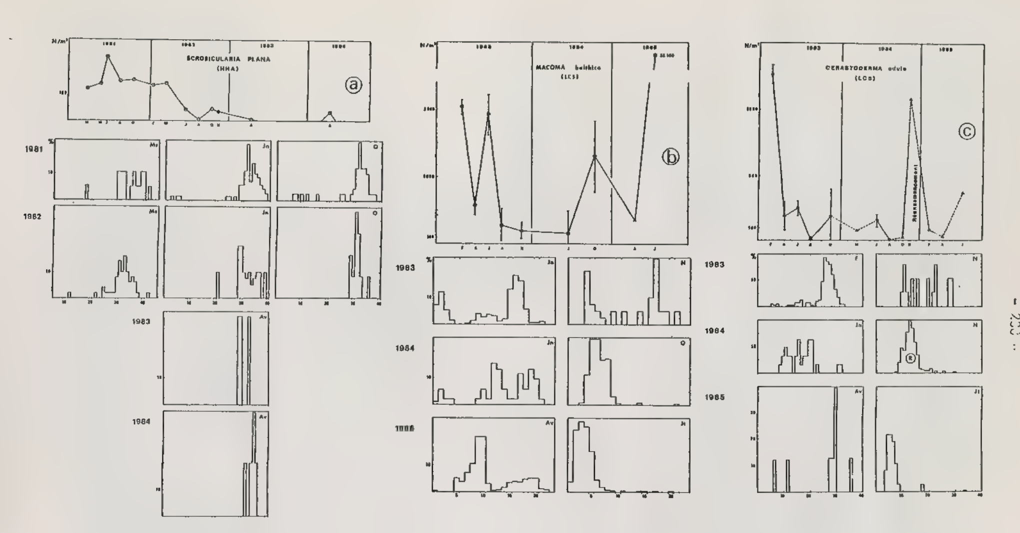


Figure 5 : Evolution démographique de *Scrobicularia plana* en HHA (a), *Macoma balthica* (b) et *Cerastoderma edule* (c) en LCS dans l'estuaire de la Somme.

* indique des valeurs obtenues lors d'échantillonnages réalisés au même niveau sur la radiale HH.

R concerne les bivalves réensemencés en LCS en 1984.

c) Le recrutement des jeunes de *Macoma balthica* se déroule suivant des modalités fort différentes en Seine et en Somme pendant les années étudiées :

* l'apparition des jeunes se produit exclusivement au printemps en Seine à HON 4 (Fig. 6);
* en Somme, c'est le recrutement de fin d'été qui est le plus important et s'avère le plus souvent le seul viable à longue échéance (Fig. 5b).

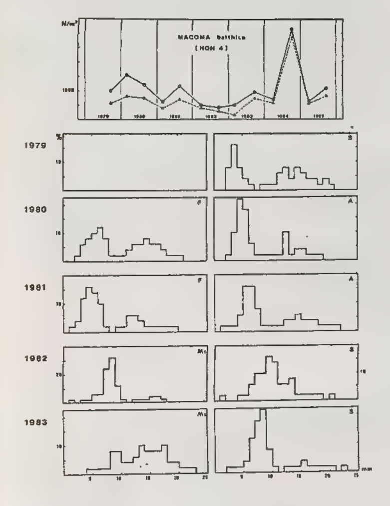


Figure 6. Evolution démographique de *Macoma balthica* dans l'estuaire de la Seine à la Station HON 4.

en pointillés : abondance relative du groupe O.

la biométrie concernant les années 1984 et 1985 n'est pas encore disponible

En 1984, les pics automnaux des courbes d'abondance cachent respectivement des individus de 5-6 mm en Somme (recrutement probable fin août-début septembre) et d'environ 10 mm en Seine (recrutement probable en mai). Remarquons, par ailleurs, que l'effet de l'hiver très froid 1984-1985 ne se traduit pas de la même façon dans les deux estuaires pour cette espèce :

* recrutement exceptionnel sur certaines stations de la Somme (jusqu'à 30000 individus de moins de 5 mm. m^{-2} en juillet 1985),
* à HON 4, au contraire, le recrutement 1985 est banal avec 750 jeunes. m^{-2} en 1984.

d) C'est par un recrutement défectueux que l'on peut expliquer la faillite des populations de *Cerastoderma edule* en Somme (Fig. 5c). En LCS, le banc de coques a été exploité jusqu'en 1983. Pendant l'été de cette même année, une mortalité importante d'adultes s'est produite et le recrutement s'est avéré insignifiant. En 1984, on remarque une même disparition des adultes avec, toutefois, un faible recrutement. Enfin, comme pour l'espèce précédente, le recrutement

semble redevenu normal en juillet 1985 après le froid exceptionnel de l'hiver 1984-1985 qui a contribué à tuer la population réensemencée en novembre-décembre 1984.

3. <u>Biomasses - Productions</u> :

a) Les valeurs de la biomasse pour *Cerastoderma edule* en Somme atteignent ponctuellement 150 g (poids sec sans cendre). m^{-2} en HHC. Ces quantités très importantes de matière vivante ne transparaissent pas toujours dans les valeurs de la biomasse moyenne pour l'espèce et par date de prélèvement (toujours inférieure à 50 $g.m^{-2}$). Cela traduit l'instabilité spatiale des stocks notamment pendant la période étudiée (de 1981 à 1985), au cours de laquelle l'effondrement des effectifs est général dans l'estuaire. Le recul progressif de cette espèce du haut vers le bas de la radiale HH (Fig. 7a) reflète l'atterrissement graduel du secteur sud de la baie (DUCROTOY et col. 1985).

b) Les stocks de *Scrobicularia plana* s'effondrent dès 1982 en HHA en Baie de Somme (Fig. 7c) mais se maintiennent en HHB avec une valeur moyenne de la biomasse d'environ $2 g.m^{-2}$. Il s'agit, à cette station, d'une population constituée exclusivement d'adultes qui ne croissent plus.

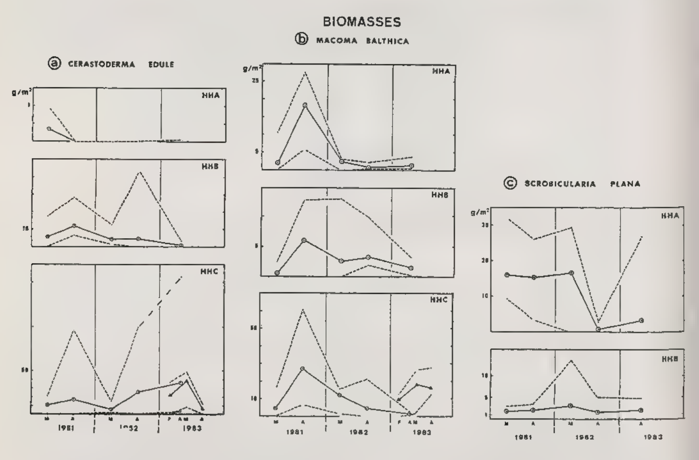


Figure 7 : Evolution temporelle des biomasses de *Cerastoderma edule* (a), de *Macoma balthica* (b) et de *Scrobicularia plana* dans l'estuaire de la Somme
unité : g (poids sec sans cendres). m^{-2}
tiretés : maxima et minima
les triangles correspondent à la station HHS en 1983 qui relaie HHC

c) Les données portant sur les biomasses atteintes par *Macoma balthica* en Baie de Somme (Fig. 7b) traduisent l'impact de l'atterrissement en HHA et HHB et l'installation des banquettes de *Pygospio elegans* en HHC. Les indices de condition confirment le "relai" constitué par la station HHS (Fig. 8a). Dans l'estuaire picard, les valeurs moyennes de la biomasse pour cette espèce dans les stations étudiées évoluent de 1 à 26 $g.m^{-2}$.

Ces données sont comparables à celles obtenues en Seine (Fig. 9 c) : de 3 à 26 $g.m^{-2}$ en 1982, année qui se révèle optimale en matière de croissance pondérale puisque la biomasse moyenne totale n'atteint que 15 $g.m^{-2}$ en 1983.

Dans l'estuaire normand, en 1982, l'évolution de la biomasse totale est en harmonie avec les variations saisonnières tant des biomasses par classe d'âge que de l'indice de condition (Fig. 9a & 9b). La chute de ce dernier indice en mai confirme l'hypothèse d'une ponte de printemps

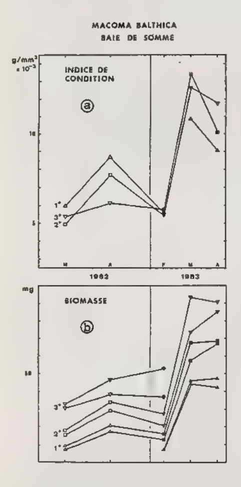


Figure 8 :

a) Evolution temporelle des indices de condition d'un individu moyen pour chaque classe d'âge 1, 2 et 3 en HHC (1982) et HHS (1983).

unité : poids en g d'1 mm^3 de chair bouillie

b). Evolution temporelle des biomasses de chacune des classes d'âge aux mêmes stations.

A la consommation hivernale des ressources énergétiques, qui se produit de novembre à février, succède la ponte de 1983 qui s'oberve en avril, ce que confirment les courbes des poids moyens par classe d'âge. La chute de l'indice de condition, en septembre 1983, pourrait être le témoin d'une ponte automnale , ce qui est en contradiction avec nos observations en matière de recrutement. L'absence de données en juillet-août 1982 ne nous permet pas de confirmer cette diminution automnale de l'indice; toutefois, on observe nettement un ralentissement de la progression de la biomasse et de l'indice de condition entre juin et septembre. Enfin, le décalage hivernal entre

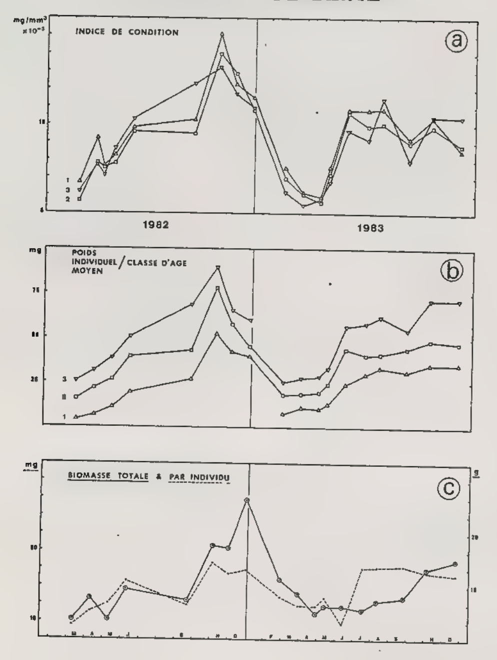


Figure 9 : (a). Evolution temporelle des indices de condition d'un individu moyen de *Macoma balthica* pour chaque classe d'âge en HON 4 en 1982-1983.

(b). Evolution temporelle des poids individuels moyens en mg.

(c). Evolution temporelle des biomasses en g (poids sec sans cendre). m^{-2} et en mg par individu moyen.

les courbes de biomasses totales (en augmentation jusqu'en décembre) et par classe d'âge (maximum en octobre), s'explique par le fait que les jeunes (classe 0) de 1982 et 1983 ont atteint respectivement en septembre et en novembre la taille minimale de 9 mm, retenue pour l'étude de la biomasse (cf. § méthodologie) et sont alors pris en compte dans le calcul.

En Baie de Somme, le faible nombre de mesures effectuées rend délicate l'interprétation de la courbe d'évolution de l'indice de condition (Fig. 8a & 8b). Cependant, on observe nettement en 1983 une chute de ce paramètre entre les mois de mai et août, chute qui pourrait correspondre à la ponte estivale de l'espèce dans cet estuaire. La croissance étant encore assez importante à cette époque de l'année, la ponte des individus des trois principales classes d'âge provoque un arrêt de la croissance pondérale, les pertes de production gonadique équilibrant les gains de production somatique.

Le calcul de la production annuelle (1983) pour *Macoma balthica* en estuaire de Seine (Tableau 1) fait ressortir le caractère exceptionnel de la croissance de cette espèce dont la production somatique est de 5,62 $g.m^{-2}.an^{-1}$. La biomasse moyenne élevée ($\overline{B}$ = 9,17 $g.m^{-2}$) conduit à un P/B = 0,61.

Classes d'âge	Densité moyenne par classe	Poids moyen par classe	Biomasse moyenne par classe	Production somatique moyenne par classe
G	n (m^{-2})	$\overline{W}$ (g)	$\overline{B}$ ($g.m^{-2}$)	Pg Cm ($g.m^{-2}.an^{-1}$)
0	308	0,0029	0,8932	0,8932
1	91	0,0205	1,8655	1,6453
2	102	0,0330	3,3660	0,8435
3	31	0,0475	1,4725	2,2285
4	16	0,0564	0,9024	0,0477
5 & 6 +	9	0,0750	0,6750	0,0376
Total	557		9,1746	5,6206
			Pg/$\overline{B}$	0,612

Tableau 1 : Estimation de la production annuelle pour *Macoma balthica* (toutes classes d'âge) en estuaire de Seine (station Honfleur 4) calculée d'après la méthode des accroissements pondéraux résultant de la croissance individuelle.
Le poids moyen des individus par classe d'âge est celui des animaux correspondant aux modes des courbes de fréquence de tailles.

DISCUSSION.

1. la répartition du bivalve suspensivore *Mya arenaria* semble conditionnée plus par la qualité du sédiment que par le niveau bathymétrique, puisque les densités maximales observées en Baie

de Somme se situaient jusqu'en 1982 autour du niveau des hautes mers de morte-eau, où le sédiment contenait jusqu'à 50 % de particules fines. Plus bas sur l'estran, les sédiments plus grossiers et peu envasés ne conviennent pas à l'espèce. Dans l'estuaire de la Seine, ce bivalve colonise les niveaux inférieurs de l'estran (en dessous du niveau moyen), seuls à présenter des conditions d'envasement satisfaisantes (de 2 % à 45 % de particules fines, les juvéniles colonisant préférentiellement les niveaux les plus fins, ce que confirment les travaux de DANKERS & BEUKEMA (1981) aux Pays-Bas.

2. Jusqu'en 1982-1983, en Baie de Somme, *Cerastoderma edule* occupait préférentiellement les niveaux bathymétriques voisins des chenaux de divagation de la Maye et de la Somme (SIMON et col. 1981). L'espèce colonisait alors des sables vaseux à granulométrie bimodale (1-3% de particules fines, médiane à 270 µm), ne peuplant que de façon sporadique les vases situées plus haut sur l'estran. Cependant, les sables vaseux situés au-dessus de la mi-marée (pente très faible, salinité interstitielle assez élevée) ont été envahis par le Polychète *Pygospio elegans* dont les banquettes ont entraîné un relèvement momentané mais répété du substrat (DUPONT 1975). Ce phénomène a vraisemblablement participé à la chute de la biomasse moyenne de l'espèce qui atteignait 10 $g.m^{-2}$ en 1981-1982, dépassant ainsi largement celle estimée par MC LUSKY & ELLIOTT (1981) dans le Firth of Forth ($\overline{B}$ = 0,995 $g.m^{-2}$), mais se situant cependant en deçà des valeurs calculées par WOLFF & DE WOLF (1977) dans l'estuaire de la Grevelingen ($\overline{B}$ = 46,7 $g.m^{-2}$). Toutefois, dans la Somme, l'étendue des mesures, qui atteignent ponctuellement 166 $g.m^{-2}$, confirme les remarques de HIBBERT (1976) qui met en évidence, dans le Bassin de Southampton (de 17,8 à 64,6 $g.m^{-2}$ de biomasse moyenne par station) la distribution agrégative très labile du bivalve, liée au succès de recrutement. Cette hypothèse est confirmée par les densités de naissain qui atteignent 8000 individus. m^{-2} en Baie de Somme. C'est d'ailleurs essentiellement à un mauvais recrutement que l'on doit attribuer l'effondrement des populations de coques dans cet estuaire en 1983 sachant que, parallèlement au faible apport des jeunes, les adultes ont subi pendant les étés 1983 et 1984 une mortalité exceptionnelle : cette dernière est à relier en priorité aux températures élevées enregistrées au cours de ces deux étés, le sédiment superficiel atteignant 40° C; à ce stress s'est vraisemblablement ajouté un phénomène de parasitisme (comme semblent le confirmer nos travaux en cours) conduisant à la castration des animaux infectés, une ponte défectueuse accentuant un mauvais recrutement. Au cours de ces deux saisons estivales consécutives, un enrichissement en matière organique du milieu (eutrophisation) a été indiqué par plusieurs phénomènes biologiques :

- apparition d'eaux colorées, dûes au développement d'un plancton toxique à *Dynophysis acuminata,*
- invasion des estrans estuariens par l'algue *Ulva lactuca,*
- apparition de vers Capitellidés en synchronisme (DESPREZ et col. 1986).

Au contraire, le froid intense de l'hiver 1984-1985 a favorisé un redémarrage de la coque en Baie de Somme, ce que confirment les observations de BEUKEMA (1985) dans la Mer des Wadden.

3. Malgré les perturbations ressenties par tous les bivalves de 1981 à 1984 dans les deux estuaires étudiés, les densités de *Macoma balthica* se maintiennent, à certaines stations, autour de 500 à 1000 individus .m^{-2} avec des pics de densité de juvéniles atteignant plus de 2000 individus .m^{-2} en 1984 en estuaire de Seine et plus de 32000 individus .m^{-2} en Baie de Somme en 1985. Cette dernière donnée correspond avec les résultats obtenus par JONES & RATCLIFFE (1981) dans l'estuaire de la Humber qui notaient 40000 individus .m^{-2}.

Comme pour *Cerastoderma edule*, des perturbations apparaissent en été 1983 et 1984 dans l'estuaire de la Somme. Avant ce déclin, momentané semble-t-il, les populations équilibrées de *Macoma balthica* étaient installées de préférence dans des sables vaseux fins contenant de 1 à 10 % de particules fines, les juvéniles se concentrant en haut d'estran, dans des sables vaseux chargés de 25 à 50 % de particules fines (DUCROTOY et col. 1985).

Alors que dans la baie picarde on remarque une extension de l'aire de répartition de cette espèce, notamment par une migration vers des niveaux inférieurs et une bonne tolérance pour l'accompagnement par *Pygospio elegans*, on observe, en estuaire de Seine, une légère régression des aires favorables, liée au désenvasement naturel (par ensablement) ou artificiel (réalisation de déversoirs au niveau de digues existantes) des deux principales fosses de flot de l'estuaire (DESPREZ & DUPONT 1985). Il apparaît nettement, comme le précisent MC LUSKY & ELLIOTT (1981), que le développement optimal des populations de *Macoma balthica* est à relier en priorité à la teneur en particules fines du sédiment, et non directement à la granulométrie, ainsi qu'à sa teneur en carbone non dégradé. Ces informations sont à rapporter au mode trophique de l'animal qui, selon HUMMEL (1985), utilise principalement les algues unicellulaires benthiques mises en suspension dans la colonne d'eau.

Alors qu'en estuaire de Seine s'observe le schéma classique d'un recrutement unique de printemps (mai-juin), on observe en Baie de Somme deux cohortes bien distinctes correspondant vraisemblablement à deux saisons de ponte telles que les ont décrites CHAMBERS & MILNE (1975) dans l'estuaire de l'Ythan : une moitié des animaux matures pond en février-mars avec fin des pontes en avril, l'autre moitié pondant à partir de la mi-juillet jusqu'à l'automne. BACHELET (1980), dans l'estuaire de la Gironde, site qui correspond à la limite méridionale d'extension de l'espèce, distingue jusqu'à trois cohortes successives de juvéniles. Ces observations permettent de penser que l'animal est sensible aux conditions de milieu telles que le niveau bathymétrique, la latitude et les conditions climatiques, qui perturbent le recrutement, une ponte fractionnée conduisant à l'apparition de plusieurs cohortes de juvéniles au cours de l'année.

De plus, comme chez la coque, CHAMBERS & MILNE (1975) signalent un parasitisme des animaux d'âge moyen qui remontent à la surface du sédiment où ils se mettent à ramper, comportement fréquemment observé en Baie de Somme lors des étés 1983 et 1984. Ce parasitisme affecterait, pendant la saison chaude, des animaux déjà affaiblis par des conditions extrêmes de milieu. On ne peut, d'autre part, écarter la pression de prédation exercée sur les adultes par les Oiseaux, notamment l'Huîtrier-pie (CAUDRON et col. 1983), ni négliger la mortalité des jeunes individus qui pourrait être due à un agent pathogène antrophique comme la pollution chimique. A ce sujet, l'établissement d'un indice de qualité, tant biologique que chimique, des deux estuaires est en cours (WILSON et col. à paraître) mais le calcul des productions annuelles

de *Macoma balthica* dans les deux sites fournira un élément de comparaison supplémentaire. Actuellement, la seule valeur disponible concerne la Seine où la production annuelle atteint, en 1983, 5,62 g (poids sec sans cendres). m^{-2}, donnée qui peut être comparée à celle donnée par JONES & RATCLIFFE (1979) pour une station en haut d'estran de l'estuaire de la Humber: 5,03 $g.m^{-2}$ (*in* : BACHELET 1982). La valeur de 0,61 pour le "turn-over" annuel $Pg/\bar{B}$ correspond, au contraire, à celle obtenue en bas d'estran dans ce même estuaire : $Pg/\bar{B} = 0,75$. Ces données se rapprochent également de celles obtenues par BACHELET (1982) : $\bar{B}$ = 5,403 g (poids sec sans cendres). m^{-2}, $\dot{P}g/\bar{B} = 0,39$ à la station la plus aval du Verdon dans la Gironde, et qui prouvent que l'on se trouve, en Seine, dans une situation comparable de croissance, sachant que cette dernière aurait pu être altérée à la suite de l'ouverture de la digue du Ratier par une modification de l'hydrodynamisme local.

CONCLUSIONS.

Si l'on considère globalement les biomasses disponibles pour les bivalves peuplant les vasières de la Seine et de la Somme, au début de la période étudiée ici, on note des valeurs importantes qui dépassent largement celles estimées dans de nombreux écosystèmes. Par la suite, malgré la variabilité des recrutements, les valeurs de la biomasse apparaissent certes plus stables mais décroissent jusqu'en 1985, atteignant parfois un niveau critique. En effet, dans chacun des deux estuaires, on remarque une chute brutale des effectifs (1981-1982 en Seine, 1983 en Somme) qui traduit un mauvais recrutement généralisé pour les bivalves, même si une espèce comme *Macoma balthica* s'adapte plus rapidement aux nouvelles conditions.

Les causes des perturbations observées au travers de la cinétique des populations des mollusques étudiés peuvent être classées arbitrairement en deux catégories suivant leur origine directement artificielle liée à des activités anthropiques, ou naturelle, même si induite par des aménagements ou interventions humaines.

En estuaire de Seine, l'ouverture de la digue du Ratier en 1980 a accru l'hydrodynamisme local à Honfleur, alors qu'en Baie de Somme la digue du Cap Hornu a permis le piégeage accéléré de particules fines puis l'installation progressive du schorre. Dans le premier cas, on peut penser que la nourriture est devenue insuffisante à la fois pour les déposivores et les suspensivores qui, en fait, consomment une part importante d'algues benthiques mises en suspension à proximité du fond (HUMMEL, 1985). Dans le deuxième cas, l'accroissement de la teneur en fines, au contraire, a dû s'accompagner d'une prolifération de diatomées, mais l'excès de vase a pu entraîner une saturation des branchies des animaux filtreurs; on assiste aujourd'hui à une inversion du phénomène liée au nivellement du faible relief initial depuis la limite de l'ancien schorre jusqu'à la digue submersible.

Comme le soulignent ESSINK & BOS (1985), la teneur en matière organique en suspension et dans le sédiment joue un rôle extrêmement important. Or, dans l'estuaire picard, les problèmes de pollution organique ont retenu l'attention des autorités depuis de nombreuses années sans que des études de haut niveau soient entreprises pour expliquer la dynamique de ces apports en milieu estuarien. De grandes quantités de matières en suspension dans un tel écosystème ne

signifient pas forcément de bonnes conditions alimentaires; à de grandes densités de matière en suspension, une forte proportion de ce matériel est rejetée par les bivalves sous forme de pseudo-fécès; cela peur aller, selon ESSINK & BOS, jusqu'à une activité d'ingestion réduite et provoquer une mauvaise croissance et/ou un développement déficient. Or, comme l'ont montré WILSON & coll. (à paraître), la matière organique dissoute atteint des valeurs alarmantes en Somme et en Seine (phosphates en particulier) et pourrait influencer la demande en oxygène des systèmes.

Ainsi, pour toutes ces raisons, les animaux les plus vulnérables se trouvent affaiblis et victimes de phénomènes dits naturels ou du moins dépendant de mécanismes biologiques. Le parasitisme des gonades des bivalves pourrait ainsi se développer à grande échelle parmi des animaux affaiblis par les transformations du milieu dûes au développement des banquettes construites par l'annélide *Pygospio elegans* bientôt colonisées par la plante pionnière *Spartina sp* qui fait alors basculer les zones impliquées du domaine paralique vers le domaine terrestre. Ces deux agents biologiques se verraient favorisés par des teneurs élevées en sels nutritifs, apportés sous forme d'engrais et précipiteraient l'exhaussement naturel des fonds, lui-même accéléré depuis plusieurs siècles par des aménagements visant à réduire l'étendue des écosystèmes estuariens (agriculture en Somme, zones industrielles et portuaires en Seine, navigation dans les deux sites).

A ces facteurs limitants s'ajoutent des accidents climatiques qui peuvent agir sur les bivalves de façon directe (température) ou indirecte (régime des vents qui, en provenance de l'ouest, accélèrent l'apport des sables, ou, en provenance de l'est, limitent le temps d'immersion et donc d'alimentation).

REMERCIEMENTS.

Les auteurs remercient sincèrement le Dr J.J. BEUKEMA qui les a conseillés tout au long de cette étude. Leur reconnaissance va également aux membres du Groupe d'Etude des Milieux Estuariens et Littoraux qui les ont aidés tant sur le terrain qu'au laboratoire. Enfin, ils ne sauraient oublier C. PATOUX qui a dactylographié ce document.

L'exploitation des résultats exposés dans cette publication fait partie intégrante d'un travail réalisé dans le cadre du programme IFREMER - Région de Picardie (n° 856810381).

La participation au Colloque de Wimereux a été financée par le Groupe d'Etude des Milieux Estuariens et Littoraux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

BACHELET, G., 1980. Growth and recruitment of the Tellinid bivalve *Macoma balthica* at the southern limit of its geographical distribution, the Gironde estuary (S-W France). Mar. Biol.,59: 105-117.

BACHELET, G., 1982. Quelques problèmes liés à l'estimation de la production secondaire. Cas des bivalves *Macoma balthica* et *Scrobicularia plana*. Oceanologica Acta, 5 (4) : 421-431.

BEUKEMA, J.J., 1974 . Seasonal changes in the biomass of the macrobenthos of tidal flat areas in the Dutch Wadden Sea. Neth. J. Sea Res., 8 : 94-107.

BEUKEMA, J.J., 1979. Biomass and species richness of the macrobenthic animals living on a tidal flat area in the Dutch Wadden Sea : effects of a severe winter. Neth.J. Sea Res. 13 (2) : 203-223.

BEUKEMA, J.J., 1982. Annual variation in reproductive success and biomass of the major macrobenthic species living in a tidal flat area of the Wadden Sea. Neth. J. Sea. Res. 16 : 37-45.

BEUKEMA, J.J., 1985. Zoobenthos survival during severe winters on high and low tidal flats in the Dutch Wadden Sea. Marine biology of polar regions and effects of stress on marine organisms, Gray J.S.,John Wiley & Sons : 351-361.

CAUDRON, E., DUCROTOY, J.P. & TRIPLET, P., 1983. Avifaune et macrozoobenthos dans l'estuaire de la Somme : I.L'Huîtrier-pie *Haematopus ostralegus* et les populations de coques *Cerastoderma edule* (Mollusque : Bivalve). L'Oiseau et R.F.O., 53 (3) : 227-240.

CHAMBERS, M.R., & MILNE, H., 1975. The production of *Macoma balthica* (L.) in the Ythan estuary Est. Coast. Mar. Sci., 3 : 443-455.

DANKERS, N., & BEUKEMA, J.J., 1981. Distributional patterns of macrozoobenthic species in relation to some environmental factors. In : N. Dankers, H. Kühl & W.J. Wolff "Invertebrates of the Wadden Sea". Bolkema, Rotterdam : 69-103.

DESPREZ, M., 1981. Etude du macrozoobenthos intertidal de l'estuaire de la Seine. Thèse de 3è cycle, U.E.R. Sciences,Rouen, 186 p.

DESPREZ, M., 1986. Conséquences biologiques de l'atterrissement de l'estuaire de la Seine : importance et devenir des vasières nues. In : Actes du Colloque "L'estuaire de la Seine, enjeux écologiques et économiques", G.E.M.E.L., Rouen (sous presse).

DESPREZ, M., BRULLARD, J.F., DUPONT, J.P., SIMON, S., SYLVAND, B., & DUVAL, P., 1985. Etude des biofaciès intertidaux de l'estuaire de la Seine. C.R. Acad. Sci. Paris, 296 (3) : 521-526.

DESPREZ, M., BRULLARD, J.F., DUPONT, J.P., SIMON, S., & SYLVAND, B., 1985. Etude du macrozoobenthos intertidal de l'estuaire de la Seine. Relations avec le substrat. Actes du Muséum de Rouen, 3 : 38-79.

DESPREZ, M. & DUPONT, J.P., 1985. Impact biosédimentaire d'aménagements portuaires en estuaire de Seine. In : CNRS, GRECO Manche "La Baie de Seine : fonctionnement, conséquences en matière d'environnement", (2) : 273-280.

DESPREZ, M., DUCROTOY, J.P. & SYLVAND, B., 1986. Fluctuations naturelles et évolution artificielle des biocénoses benthiques intertidales de trois estuaires des côtes françaises de la Manche. Hydrobiologia (sous presse).

DESPREZ, M., DUCROTOY, J.P. & LEMOINE, M., 1985. Première évaluation directe de la ressource en coques *Cerastoderma edule* de l'estuaire de la Somme. Rapport IFREMER, 38 p.

DUCROTOY, J.P., 1984. Partage des ressources en milieux estuarien et littoral de Picardie. In : "L'environnement en Picardie" A.M.B.E., Amiens : 145 – 150.

DUCROTOY, J.P., 1984. L'exploitation des ressources naturelles de l'estuaire de la Somme : étude bio-sédimentologique. Rapport Université de Picardie. Amiens, 253 p.

DUCROTOY, J.P., DESPREZ, M. & DUPONT, J.P., 1985. Short and long term bio-sedimentary evolution of two *Macoma balthica* communities. In : Wilson J.G. & Halcrow W. "Estuarine management and quality assessment", Plenum Press, New-York : 105-130.

DUPONT, J.P., 1975. Présence de biolithosores à *Pygospio elegans* Clarapède (Polychètes sédentaires) dans la Baie de Somme (80). C.R. Acad. Sci. Paris, 280 (D) : 1773-1776.

ELLIOTT, M. & Mc LUSKY, D.S., 1985. Invertebrate production ecology in relation to estuarine quality management. In : Wilson J.G. & Halcrow W. "Estuarine management and quality assessment", Plenum Press, New-York : 85-103.

ESSINK, K., & BOS, A.H., 1985. Growth of three bivalves molluscs transplanted along the axis of the Ems estuary. Neth. J. Sea Res., 19 (1) : 45-51.

FARROW, G.E., 1972. Periodicity structure in bivalve shells : analysis of stunting in *Cerastoderma edule* from the Burry Inlet (South Wales). Paleontology, 15 : 61-72.

HIBBERT, C.J., 1976. Biomass and production of a bivalve community on an intertidal mudflat. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 25 : 249-261.

HUMMEL, H., 1985. Food intake of *Macoma balthica* (Mollusca) in relation to seasonal changes in its potential food on a tidal flat in the Dutch Wadden Sea. Neth.J. Sea Res., 19 (1) 52-76.

JONES, N.V., & RATCLIFFE, P.G., 1979. The invertebrates of the intertidal regions of the Humber estuary. NERC Publ., ser. C (20) : 17-19.

Mc LUSKY, D.S., & ELLIOTT, M., 1981. The feeding and survival strategies of estuarine organisms Ed. Jones N.V., Plenum Press, New-York estuarine molluscs. In : Jones N.V. "Feeding and survival strategies of estuarine organisms", Plenum Press, New-York : 109-121.

RATCLIFFE, P.J., JONES, N.V. & WALTERS, N.J., 1981. The survival of *Macoma balthica* (L) in mobile sediment. In Jones N.V. "Feeding and survival strategies of estuarine organisms", Plenus Press, New-York : 91-107.

SIMON, S., DESPREZ, M. & DUPONT, J.P., 1981. Distribution du macrozoobenthos intertidal de la Baie de Somme. C.R. Acad. Sci. Paris, 292 (III) : 1013-1016.

WARWICK, R.M., & PRICE, R., 1975. Macrofauna production in an estuarine mudflat. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 55 (1) : 1-18.

WILSON, J.G., DUCROTOY, J.P. & DESPREZ, M., 1986. Application d'indices de qualité écologique des estuaires en Manche centrale et orientale. Vie et Milieu (sous presse).

WOLFF, W.J., & DE WOLF, L., 1977. Biomass and production of zoobenthos in the Grevelingen estuary, The Netherlands. Est. Coast. Mar. Sci., 5 : 1-24.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 301 à 308

UTILISATION DES ELEVAGES LARVAIRES DE *CRASSOSTREA GIGAS* EN ECOTOXICOLOGIE MARINE

par

Edouard HIS et René ROBERT

I.F.R.E.MER - 63, Boulevard Deganne - 33120 ARCACHON

ABSTRACT.

The anomalies in the reproduction of the Japanese oyster in the Bay of Arcachon were studied by concentrating our research on the action of different micropollutants on the larvae of *Crassostrea gigas*. The larvae show a great sensitivity to these stress factors. The toxicity levels of these coumpounds on the fecondation, the formation of D larvae and particularly on the growth of the veligers were determined and the techniques used are described.

The action of these micropollutants on the growth of two algae, *Chaetoceros calcitrans* and *Isochrysis galbana*, which are used as food for the veligers is also analysed.

Finally, bioassays were carried out with sea water and sediments collected from different areas and by extrapolating with the laboratory results the degree of contamination is shown.

RESUME.

L'étude des anomalies de la reproduction de *Crassostrea gigas* dans le bassin d'Arcachon a été abordée par la mise au point de protocoles expérimentaux tentant à dégager l'action de différents altéragènes sur les véligères; ce matériel biologique s'est révélé particulièrement intéressant compte tenu de sa grande sensibilité aux facteurs d'agression. Les techniques utilisées sont décrites. Elles s'appuient sur la recherche des limites d'action des produits qui sont testés sur les fécondations, la formation des larves D et leur croissance. En outre la sensibilité aux micropolluants des algues fourrages servant à l'alimentation des véligères est précisée.

Elevages larvaires et suivi de la croissance algale permettent enfin d'évaluer la qualité de l'eau de mer et des sédiments en zone conchylicole.

MOTS CLES : Ecotoxicologie, bio-essais, larves, *C. gigas*, Algues unicellulaires, *Isochysis galbana, Chaetoceros calcitrans*

KEY WORDS : Ecotoxicology, bioassays, larvae, *C. gigas*, unicellular marine algae, *Isochysis galbana, Chaetoceros calcitrans*

INTRODUCTION.

La mise au point de la reproduction des huitres en milieu contrôlé a été motivée par le déclin de l'industrie ostréïcole : réduction progressive du captage, liée à une dégradation du milieu (LOOSANOFF, 1969). De même l'étude des mortalités larvaires de *Crassostrea gigas* à Arcachon a été effectuée à l'aide des expériences d'écophysiologie et de molysmologie larvaires (HIS et ROBERT, 1985).

Les techniques mises au point sont décrites avec leurs particularités et leur intérêt. Les différentes applications sont exposées.

Protocole expérimental, particularité des techniques.

Les élevages larvaires.

Le conditionnement des géniteurs permet d'obtenir des produits sexuels toute l'année. L'émission des gamètes est provoquée par chocs thermiques (passages répétés de 28 $\pm$ 1° C à 15 $\pm$ 1°C toutes les demi-heures). L'obtention des gamètes par scarification de gonades est proscrite car elle peut donner lieu à l'utilisation de produits non mûrs.

Les ovocytes récupérés sur un tamis de 32 µm sont comptés et répartis à raison de 30.000/litre dans des béchers stériles contenant 2 litres d'eau de mer filtrée à 0,2 µm, aux différentes concentrations du micropolluant étudié (2 témoins et 2 élevages par concentration). Les fécondations sont effectuées en présence de l'altéragène : certains peuvent, en effet, avoir une action directe sur les gamètes (HIS et ROBERT, 1980).

Les résultats obtenus par utilisation, soit d'oeufs déjà fécondés, soit de larves D de 24 heures semblent moins fiables; surtout lorsque les véligères proviennent d'une écloserie de type industriel (WATLING, 1978) : plusieurs couples parentaux sont utilisés et le matériel biologique est sélectionné par tamisage, les larves les plus performantes étant réservées à la production de naissain.

Les élevages sont maintenus à la température de 24 ± 1° C, à l'obscurité et sans aération (ROBERT et *al.*,1982).

Un premier changement d'eau est effectué au bout de 24 heures : les larves D sont déjà formées dans les témoins; on les répartit à raison de 16.000 dans chaque bécher de 2 litres; puis le renouvellement a lieu tous les deux jours pendant la durée des observations (9 à 12 Jours).

Les véligères sont nourries sur la base de 100 cellules /µl d'élevage à l'aide de cultures d'*Isochrysis galbana* et de *Chaetoceros calcitrans var. pusillum* (HELM et MILLICAN, 1977).

Chaque changement d'eau donne lieu aux observations suivantes :

- pourcentages de larves D obtenues dès les premières 24 heures,

- pourcentages de véligères anormales. Il s'agit, soit d'anomalies au niveau du velum qui présente des excroissances irrégulières (CALABRESE et *al.*,1977) ou de la véliconche (LE PENNEC et LE ROUX, 1979). Le comportement des larves est observé : nage, mobilité, coloration du tractus digestif, traduisant la prise en charge ou non de la nourriture disponible. Les pourcentages d'anomalies ne doivent pas atteindre 5 % dans les témoins (WOELKE, 1972), les valeurs supérieures à 10 % admises par certains auteurs permettent de mettre en doute la validité de leurs observations.

- pourcentages de mortalités par élevage. De la même façon ne peuvent être considérées comme valables que les expériences dans lesquelles les mortalités culminent à 10 % dans les témoins pendant les observations. Les valeurs de 30 à 50% que l'on trouve dans la littérature sont excessives et traduisent l'intervention d'artefacts (action bactérienne par exemple).

- croissance larvaire. Cinquante véligères par élevage sont mesurées sur cliché photographique à l'aide d'une binoculaire stéréoscopique munie d'un micromètre oculaire. Les hauteurs moyennes sont donc calculées sur 100 individus par concentration, à 1,5 µm près, avec intervalle de confiance, au seuil de sécurité de 95 %.

En aucun cas la LC_{50} ou la LC_{100} ne sont utilisées. En effet, un ralentissement sensible de la croissance larvaire suffit à hypothéquer les chances de maintien d'une espèce dans un biotope donné. La durée des observations (9 à 12 jours) permet de discerner les anomalies de croissance liées à l'action des toxiques; une durée de 48 heures, fréquemment utilisée par les auteurs ne le permet pas : l'expérience montre, en effet, que l'action du polluant peut n'être sensible qu'au bout d'une semaine d'exposition.

L'action d'une dizaine de micropolluants sur les véligères de *Crassostrea gigas* a été étudiée ces dernières années (sels métalliques, pesticides, herbicides), avec les seuils d'action compris entre 5.10^{-2} $\mu g.l^{-1}$ et 5.10^{2} $\mu g.l^{-1}$; or il est impossible de présager du seuil d'action des toxiques. Un test préliminaire est donc nécessaire; d'une durée de 48 heures il permet de dénombrer les pourcentages de larves D anormales obtenues par une gamme très étalée de concentrations, et de choisir les teneurs à tester pour les observations définitives.

Les cultures d'algues monocellulaires.

L'action des altéragènes sur les multiplications cellulaires des algues fourrages, *Isochrysis galbana* et *Chaetoceros calcitrans* est étudiée. Les tests sont effectués dans des erlenmeyers de 2 litres contenant un litre de milieu de Conway (WALNE, 1966) enrichi en métasilicate de sodium dans le cas de la diatomée. Sont généralement testées les valeurs égales ou inférieures à celles qui retardent la croissance des véligères; en effet, au dessus de ce seuil, le produit exerce une action suffisamment néfaste pour qu'il représente un danger pour la reproduction de l'huitre. Les cultures, en double exemplaire pour les témoins et les différentes concentrations, sont maintenues sous éclairage constant, à la température de 20$\pm$ 1°C et à la salinité de 27 p.mille. Chaque culture reçoit un inoculum de départ tel que la concentration initiale soit de 10^{6} cellules/ml; on procède à une agitation mécanique trois fois par jour. Les mesures de densité cellulaire sont effectuées au compteur de particules (Coulter Counter) pendant 21 jours; les témoins sont en phase stationnaire. Les observations sur la croissance des algues et des véligères sont complémentaires. En effet, les véligères de bivalves, et celles de *Crassostrea gigas* en particulier, présentent des exigences nutritionnelles particulières. Dans le milieu naturel, les échecs de la reproduction ont pu être mis en relation avec un déficit nutritionnel (LOOSANOFF, 1950; BERG, 1971; HIS et ROBERT, 1985). L'étude d'impact d'un altéragène doit donc inclure des recherches concernant son influence sur les algues fourrages de façon à lever l'hypothèque d'une éventuelle action par voie indirecte. L'utilisation d'un phytoflagellé (*Prymnesiophycée*), *Isochrysis galbana* et d'une diatomée centrique *Chaetoceros calcitrans* est intéressante; outre la qualité nutritionnelle de ces deux algues pour les larves de *Crassostrea gigas*, la réponse des algues unicellulaires aux herbicides, par exemple, varie en fonction de la position taxonomique de l'algue étudiée (HOLLISTER et WALSH, 1973).

Les observations permettent de mettre en évidence la progression de l'action des altéragènes en fonction de leur toxicité croissante (tableau 1). Sera considérée comme seuil, la concentration en dessous de laquelle on n'observe :

- aucun ralentissement de la croissance larvaire pendant la période minimum de 9 jours après les fécondations.

- aucune action sur les multiplications cellulaires des algues fourrages utilisées pendant les 21 jours d'observations.

Intérêt du choix de *Crassostrea gigas*, Champ d'application des élevages larvaires de *Crassostrea gigas*.

Intérêt du choix de *Crassostrea gigas*.

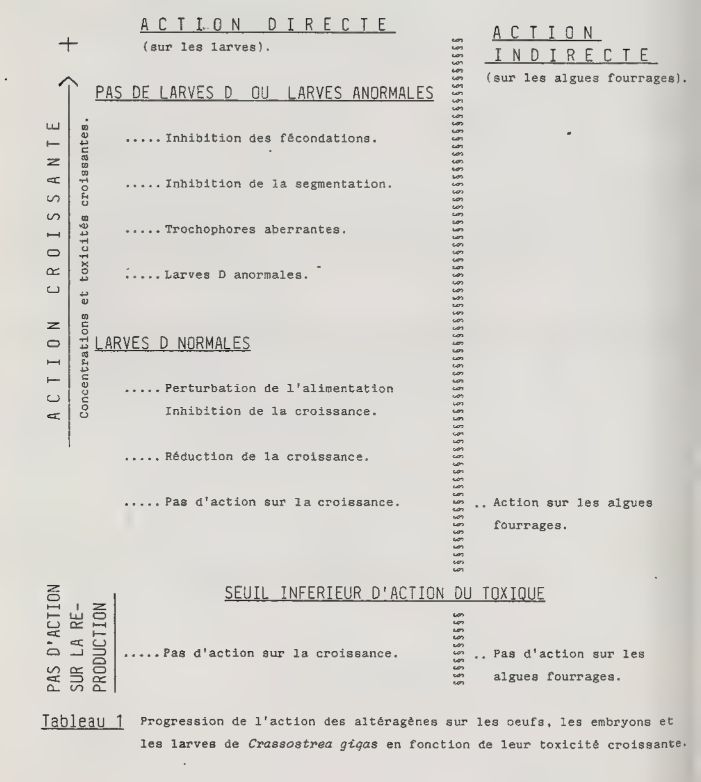


Tableau 1 Progression de l'action des altéragènes sur les oeufs, les embryons et les larves de *Crassostrea gigas* en fonction de leur toxicité croissante.

Il n'est pas possible d'estimer ou de prévoir les conséquences de la transformation, de la complexation ou de l'intéraction des altéragènes sur leur toxicité : seuls les systèmes vivants peuvent intégrer toutes les variables qui sont importantes sur le plan biologique (STEBBING et *al.*, 1980). Le choix d'un matériel biologique particulièrement sensible aux facteurs d'agression est donc fondamental : c'est le cas des embryons et des premiers stades larvaires de bivalves; les stades larvaires et juvéniles des invertébrés marins sont en effet les plus sensibles aux stress des polluants (CONNOR, 1972; COSSON et MARTIN, 1981; SHEFFRIN et al, 1984). De plus, bien qu'on ne sache pas exactement si les résultats obtenus sur les embryons d'huitres sont applicables à d'autres espèces , WOELKE (1967) estime que quand les huitres se reproduisent bien c'est en général également le cas pour les autres organismes marins.

La maturation et l'émission des gamètes chez la plupart des bivalves peuvent être obtenues toute l'année; il est facile de réaliser les fécondations sous des conditions expérimentales; le nombre important d'ovocytes émis par une seule femelle (plusieurs millions) permet de mener en même temps un nombre important d'élevages en faible volume.

De nombreux animaux utilisés en toxicologie ne trouvent pas en laboratoire des conditions optimales; il s'en suit "une aggravation de l'action néfaste des polluants" (AMIARD-TRIQUET, 1983). Les véligères, au contraire, croissent et se métamorphosent normalement même en faible volume, ce qui indique un bon déroulement de la vie larvaire.

Malgré l'intérêt que présentent les larves de moules en écotoxicologie (LUCAS, 1976), celles des huitres creuses sont généralement deux fois plus sensibles aux facteurs d'agression (MARTIN et *al.*, 1981). Ces résultats basés sur des observations de laboratoire se sont révélés exacts en ce qui concerne le bassin d'Arcachon, puisque la reproduction de *Crassostrea gigas* a été perturbée de 1977 à 1981 et non celle de *Mytilus galloprovincialis*.

Crassostrea virginica, espèce très voisine de *Crassostrea gigas* en ce qui concerne le déroulement de la vie pélagique, a très souvent été utilisée en toxicologie (CALABRESE et *al.*, 1967, 1973, 1977; DAVIS, 1961; DAVIS et HIDU, 1969; HIDU, 1965, par exemple). Néanmoins ces dernières décennies, l'aire de répartition géographique de *Crassostrea gigas* a été largement étendue : région asiatique, Europe, Amérique du Nord et Canada, Australie. Son importance commerciale est beaucoup plus considérable que celle de l'huitre américaine et elle tend à devenir le matériel de choix en écotoxicologie marine (voir synthèse de DESLOUS-PAOLI, 1982).

Champ d'application des élevages larvaires de *Crassostrea gigas*.

Outre les études concernant l'action directe des altéragènes, les larves de *Crassostrea gigas* sont utilisées pour la surveillance des zones littorales. On peut estimer avec CHAPMAN et LONG (1983) que la surveillance des pollutions marines par voie chimique et par étude des communautés benthiques, doit être complétée par des "essais biologiques" sur des échantillons d'eau prélevés dans le milieu. WOELKE (1967,1972) propose l'utilisation des embryons de *Crassostrea gigas*. Cette méthode a permis de mieux appréhender les causes des anomalies de la reproduction à Arcachon (HIS et *al*, 1983 b, HIS et ROBERT, 1985) et de mettre en évidence la décontamination de cette zone conchylicole perturbée par les sels organométalliques de l'étain; les méthodes chimiques n'étant pas assez sensibles (HIS et *al.* , 1983 a).

Peuvent être recherchées par la technique des bio-essais, l'incidence des eaux de ruissellement sur le potentiel reproducteur des zones conchylicoles (HIS et *al.*, 1983 b) ou l'incidence des rejets de dragage des zones portuaires (NELSON et *al.*, 1983); dans ce dernier cas, les auteurs démontrent l'existence d'une toxicité résiduelle un mois après les déversements dans la zone de rejet. Enfin, les élevages permettent d'évaluer le degré de contamination des sédiments eux-mêmes (CHAPMAN et MORGAN, 1983).

Néanmoins, les auteurs basent généralement leurs observations d'une durée de 48 heures, sur le seul développement larvaire. Des données plus précises doivent être obtenues par l'établissement des courbes de croissance et par les observations sur les multiplications cellulaires des algues fourrages.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

AMIARD-TRIQUET, C., 1983. Les tests de toxicité aigüe en milieu aquatique : méthodologie, standardisation, interprétation, limites d'application. *Oceanis, 9* (6) : 451-463.

BERG, C.J., 1971. Review of possible causes of mortality of oyster larvae of the genus *Crassostrea* in Tomales Bay, California. *Fish and Game, 57* (1) : 69-75.

CALABRESE, A., DAVIS, H.C., 1967. Effects of "soft" detergents on embryos and larvae of the American oyster (*Crassostrea virginica*). *Proc. Nat. Shellfish. Ass., 57* 11 - 17.

CALABRESE, A., COLLIER, R.S., NELSON, D.A., MACINNES, J.R., 1973. The toxicity of heavy metals to embryos of the American oyster *Crassostrea virgionica. Marine Biology, 18* : 162 - 166.

CALABRESE, A.,MAC INNES, J.R., NESLON,D.A., MILLER, J.E., 1977. Survival and growth of bivalve larvae under heavy-metal stress. *Marine Biology, 41* : 179 - 184.

CHAPMAN, P.M., LONG, E.R., 1983. The use of bioassays as part of a comprehensive approach to Marine pollution assessment. *Marine Pollution Bulletin, 14* (3) : 81 - 84.

CHAPMAN, P.M., MORGAN, J.D., 1983. Sediment bioassays with oyster larvae. *Bull. Environ. Contam. Toxicol., 31* : 438 - 444.

CONNOR, P.M., 1972. Acute toxicity of heavy metals to some marine larvae. *Mar. Pollut. Bull., 3* : 190 - 192.

COSSON, R.P., MARTIN, J.L., 1981. The effects of copper on the embryonic development, larvae, alevins and juveniles of *Dicentrachus Labrax* (L) *Rapp. P.V. Réun. Cons. Int. Explor.Mer, 178* : 71 - 75.

DAVIS, H.C., 1961. Effects of some pesticides on eggs ans larvae of oysters (*Crassostrea virginica*) and clams (*Mercenería mercenería*). *Coml. Fish. Rev.*, 23 (12) : 8 - 23.

DAVIS, H.C. et HIDU, H., 1969. Effects of pesticides on embryonic development of clams and oysters and on survival and growth of the larvae. *Fish. Bull. Fish. Wildl. Serv. U.S., 67* 393 - 404.

DESLOUS-PAOLI, J.M., 1982. Toxicité des éléments métalliques dissous pour les larves d'organismes marins : données bibliographiques. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, 45 (1) : 73 - 83.

HELM, M.M. et MILLICAN, P.F., 1977. Experiments in the hatchery rearing of Pacific Oyster larvae (*Crassostrea gigas* Thunberg). *Aquaculture* 11 : 1 - 12.

HIDU, H., 1965. Effects of synthetic surfactants on the larvae of clams (*Mercenería mercenería*) and oysters (*Crassostrea virginica*). *Journal Water Pollution Control Federation, 37*(2): 262 - 267.

HIS, E. et ROBERT, R. , 1980. Action d'un sel organo-métallique l'acétate de tributyl-étain sur les oeufs et les larves D de *Crassostrea gigas* (Thunberg). *C.I.E.M., C.M. 1980/F* : 27 - 10 p.

HIS, E. et ROBERT, R., 1981. Effects of Copper chloride on the eggs and D larvae of *Crassostrea gigas* (Thunberg). *C.I.E.M., C.M. 1981/F : 43* - 13 p.

HIS, E. et ROBERT, R. 1982. Les dangers de traitement par le sulfate de cuivre en zone conchylicole : toxicité vis à vis des oeufs et des jeunes larves de *Crassostrea gigas*. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.* , 45 (2) : 117 - 125.

HIS, E., MAURER, D. et ROBERT, R., 1983. Estimation de la teneur en acétate de tributyl-étain dans l'eau de mer, par une méthode biologique. *J. moll. Stud.,* Suppl. 12 (A) : 60 - 68.

HIS, E., ROBERT, R. et MAURER, D., 1983. Recherches expérimentales sur les causes des anomalies de la reproduction de *Crassostrea gigas* (Thunberg) dans le bassin d'Arcachon. *Contrat D.G.R.S.T. n° 82 J. 0657,* : 58 p.

HIS, E. et ROBERT, R., 1985. Développement des véligères de *Crassostrea gigas* dans le bassin d'Arcachon. Etudes sur les mortalités larvaires. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.* 47 (1) : 63 - 88.

HOLLISTER, T.A. et WALSH, G.E., 1973. Differential responses of marine phytoplankton to herbicides: oxygen evolution. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.,* 9 (5) : 201 - 295.

LE PENNEC, M. et LE ROUX, S., 1979. Effets d'un pétrole brut sur la formation de la coquille de *Mytilus edulis* (L.) (*Mytilidae Bivalvia*). *Rev. Int. Oceanogr. Med.*,55 : 49 - 55.

LE ROUX, S., 1975. The toxicity of pure hydrocarbons to mussel larvae. *Rapp. P.V. réun. Cons. Int. Explor. Mer.,* 171 : 189 - 190.

LUCAS, A. et LE ROUX, S., 1975. Mise en évidence de la toxicité de divers pétroles bruts vis à vis des larves de moule. *C..R. Acad. Sci., Paris,* 280 (série D) : 2 381 - 2 384.

LOOSANOFF, V.L., 1950. Variations in long Island oyster set. *All. Fisheries,* 30 : 15 - 16.

LOOSANOFF, V.L., 1969. Development of shellfish culture techniques. *Proc. Conference on Artificial Propagation of commercially valuable Shellfish, Oysters 22 at 23 october 1969, College of Marine Studies University of Delaware,New York,*40 p.

MARTIN, M., OSBORN, K.E., BILLY, P. et GLICKSTEIN, N., 1981. Toxicities of ten metals to *Crassostrea gigas* and *Mytilus edulis* embryos and *Cancer magister* larvae. *Marine Pollution Bulletin,* 12 (9) : 305 - 308.

NELSON, D., MILLER, J., PEREIRA, J., CALABRESE, A., 1983. Monitoring water quality at a dredge spoil dump site using oyster larvae. *C.I.E.M., C.M. 1983/E : 59* : 8 p.

ROBERT, R., HIS, E. et MAURER, D., 1982. L'unité d'écophysiologie et de molysmologie larvaires des bivalves d'intérêt commercial du laboratoire I.S.T.P.M. d'Arcachon. *Rev. Trav.Inst. Pêches Marit.,* 45 (3) : 197 - 209.

SHEFFRIN, N.M.H., FIELLER, N.R.J. et WILLIAMS, E.E., 1984. A behavioural bioassay for the impaired sea-water quality using the plantigrades of the common mussel, *Mytilus edulis L* : the response to copper. *Aquatic Toxicology,* 5 : 77 - 91.

SIGLER, M. et LEIBOVITZ, L., 1982. Acute toxicity of oil and bilge cleaners to larval American oysters (*Crassostrea virginica*). *Bull. Environm. Contam. Toxicol.,* 29 : 137 - 145.

STEBBING, A.R.D., AKESSON, B., CALABRESE, A., GENTILE, J.H., JENSEN, A. et LLOYD,R., 1980. The role of bioassays in marine pollution. Bioassay panel report. *Rapp. P.V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer,* 179 : 322-332.

WALNE, P.R., 1966. Experiments in the large-scale culture of the larvae of *Ostrea edulis L. Fishery Invest. London.,* 25 : 1 - 53.

WATLING, H.R., 1978 - Effects of cadmium on larvae and spat of the oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Trans. Roy. Soc. S. Afr.,* 43 (2) : 125 - 134.

******

WOELKE, C.E., 1960. Effects of sulfite waste liquor on the normal development of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) larvae. *Washington State Department Fisheries, Research Bulletin*,6.

WOELKE,C.E.1962. Bioassays of pulp mill wastes with oysters. *U.S.Public Health Service Transactions, 3 Seminaron Biological Problems in Water Pollution.*

WOELKE, C.E., 1967. Measurement of water quality with the Pacific oyster embryo bioassay. *Water quality Criteria, Am. Soc. Testing Mats*, 416 : 112 - 120.

WOELKE, C.E., 1972. Development of a receiving water quality bioassay criterion based on the 48 hours Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) embryo. *Washington Department of Fisheries, Technical Rep.* ,9 : 1 - 93.

Haliotis, 15, 1986
p. 309 à 317

CARACTERISTIQUES DES MORTALITES ESTIVALES DE L'HUITRE *CRASSOSTREA GIGAS* DANS LE BASSIN D'ARCACHON

par

Danièle MAURER *, Michel COMPS ** et Edouard HIS *

* I.F.R.E.M.E.R., 63, Boulevard Deganne - 33120 ARCACHON
** I.F.R.E.M.E.R., 1, rue Jean Villard - 34200 SETE

ABSTRACT :

Summer mortalities in the Pacific oyster in the Bay of Arcachon were analysed during four years (1981 to 1984). Mortalities occur mostly among one year old oyster and affect the whole bay, with different prevalence. The phenomenon occurs at certain times during the summer spawning period and is associated with high temperatures. A thinning of the digestive tubule epithelium is observed, but there is no evidence of infectious disease. The failure to find a causative agent, pollution or pathogen, tends to strengthen a physiological disorder hypothesis, related to environmental conditions. The influence of external (temperature, available food) and internal factors (length, maturation, spawning) on this phenomenon is discussed. A comparaison is drawn with mortalities recorded in Japan and the United-States.

RESUME.

Quatre années d'observations (1981 à 1984) sur les mortalités estivales de *Crassostrea gigas* dans le bassin d'Arcachon ont permis de dégager les caractéristiques suivantes : les mortalités affectent principalement les jeunes huîtres âgées de 1 an, à des taux variables; elles sont généralisées à l'ensemble de la baie, certains secteurs s'avèrant toutefois plus sensibles. Elles se produisent pendant une partie de la période de reproduction, et sont associées à des températures élevées. Elles ne présentent pas de caractère contagieux et aucun agent pathogène n'a pu être mis en évidence; toutefois une altération de l'épithèlium digestif a été observée.

Après avoir écarté les causes possibles de mortalité par pollution aigüe ou intervention d'un agent pathogène, l'hypothèse d'un déséquilibre physiologique des huîtres en liaison avec les conditions de milieu a été retenue. L'influence des facteurs externes (températures, disponibilité trophique) et internes (taille, maturation, ponte) sur le phénomène est analysée. Une comparaison avec les mortalités observées sur la même espèce au Japon et aux Etats-Unis est effectuée.

MOTS CLES : *Crassostrea gigas*, mortalités estivales, bassin d'Arcachon.

KEY WORDS : *Crassostrea gigas*, summer mortalities, Bay of Arcachon.

INTRODUCTION.

Depuis l'introduction massive de *Crassostrea gigas* en 1971- 72 dans le bassin d'Arcachon, des mortalités estivales d'huîtres se sont produites. Elles ont été particulièrement étudiées lors de 4 années consécutives, de 1981 à 1984. Leur étude a permis d'en dégager les caractéristiques principales et d'en analyser les causes possibles.

Des phénomènes similaires ont été observés au Japon et aux Etats-Unis depuis plusieurs décennies; une comparaison avec nos données a été effectuée.

OBSERVATIONS GENERALES.

En 1982, une enquête, de type épidémiologique, réalisée auprès des ostréiculteurs, a permis d'apprécier l'ampleur du phénomène, ses aspects spatio-temporels et ses éventuels liens

avec les caractéristiques des lots mis en élevage. Les éléments suivants ont pu être dégagés (MAURER, 1982).

- Les mortalités affectent principalement les jeunes huîtres âgées de 1 an, et dans une moindre mesure, celles âgées de 2 ans. Les pertes sont globalement inférieures à 20 % du cheptel; cependant, certains lots présentent des taux de mortalité élevés (supérieurs à 60 %), alors que des lots voisins sont peu atteints.

- Elles sévissent dans l'ensemble de la baie, mais des secteurs sont plus sensibles que d'autres, en particulier les "hauts" du bassin, sous influence continentale, ainsi que des zones sous influence plus océanique mais aux conditions locales particulières (moindre circulation des eaux), comme le Courbey et la Réousse. En revanche, les sites franchement océaniques se trouvent relativement épargnés (fig. 1).

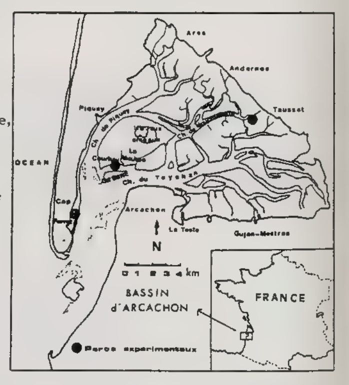


Fig. 1 - Le Bassin d'Arcachon

- L'apparition du phénomène est simultanée en différents secteurs opposés du bassin. Son déroulement ne semble pas indiquer qu'il y ait propagation ou contagion, mais plutôt répartition en mosaïque sans logique apparente. Les mortalités sont observées de la mi-juin à fin juillet. Le phénomène intervient donc avant le déclenchement des pontes et s'arrête alors que la période de reproduction n'est pas achevée. Au niveau d'un même lot, le processus est très rapide et bien limité dans le temps.

- L'enquête n'a pas permis d'établir de relation entre la mortalité et les autres paramètres testés tels l'origine des huîtres, les techniques d'élevage et la nature des parcs.

Ces caractéristiques restent identiques d'une année à l'autre, sauf en 1981, où les mortalités furent observées de mi-juillet à fin-août, surtout dans les "hauts" du bassin. Le phénomène, quoique quantitativement limité par rapport à l'ensemble du cheptel, a été relativement marqué en 1982 et 1983.

L'analyse des causes possibles de mortalités s'oriente vers trois hypothèses :
- une modification de la qualité physico-chimique du milieu,
- l'intervention d'un agent pathogène,
- une perturbation des mollusques de type physiologique.

LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DU MILIEU :

Plusieurs éléments permettent de rejeter la mise en cause d'une perturbation physico-chimi-

que du milieu.

Pendant la période critique de l'été 1982, alors que les mortalités sévissaient dans le bassin, des recherches spécifiques d'herbicides et de pesticides dans les eaux, les sédiments et la chair d'huîtres ont permis d'exclure toute hypothèse de pollution par ces composés (ANONYME, 1982 a et b)

Par ailleurs, les résultats d'analyses des principaux polluants (métaux, pesticides...) sur les mollusques dans le cadre du Réseau National d'Observation ne mettent pas en évidence, pour les substances accumulables, une quelconque augmentation.

D'autre part, les mortalités se produisaient pendant que les larves de *Crassostrea gigas*, abondantes dans l'eau, ne présentaient aucune anomalie de comportement; or les véligères sont particulièrement sensibles aux agressions chimiques (HIS et ROBERT, 1985). De plus, des élevages larvaires conduits avec de l'eau de mer prélevée dans un site où sévissaient les mortalités ont permis d'exclure la présence dans le milieu de tout micropolluant à toxicité directe , embryons et larves D se développant normalement.

De même, une surveillance hebdomadaire des populations phytoplanctoniques et particulièrement des Péridiens, a permis de rejeter l'hypothèse de la présence de toxines induisant des mortalités de mollusques.

Aucune anoxie n'a été mise en évidence lors de mesures réalisées en cycle de marée.

Enfin, les mortalités n'affectent que *Crassostrea gigas*, alors que les autres Lamellibranches (*Cardium edule*, *Mytilus galloprovincialis* et *Ruditapes decussatus*) sont indemnes sur les mêmes sites

ASPECTS PATHOLOGIQUES.

Sur le plan histopathologique, l:a recherche directe et systématique de différents types d'agents infectieux susceptibles d'être associés aux mortalités, n'a pu mettre en cause un agent déterminé. En revanche, les examens sur coupe ont permis d'observer régulièrement chez les huîtres de 1 an, un fort amincissement de l'épithélium des tubules digestifs, souvent accompagné d'un élargissement important de ces derniers. La variation de l'épaisseur de l'épithélium digestif pendant un cycle de marée est un phénomène normal en zone intertidale, et notamment son amincissement, au cours de l'assec (MORTON, 1977); néanmoins, le degré atteint par celui-ci en période de mortalité extivale, lui confère une signification pathologique.

Dans certaines conditions d'exposition à l'air (MOORE *et al.* 1979), à des températures élevées (QUICK, 1971; MOORE, 1976) ou à un jeûne prolongé (THOMPSON *et al.* , 1974), les mollusques subissent un stress qui se manifeste par une déstabilisation de la membrane lysosomale entraînant une activation des enzymes hydrolytiques. Il en résulte la formation de volumineux autolysosomes pouvant conduire à une dégradation importante de l'épithélium digestif.

Un accroissement de cette fonction autophagique a pu être mis en évidence chez les huîtres de 1 an dans les secteurs de plus fortes mortalités et aux périodes de températures maximales qui indiquerait un état marqué de détresse physiologique des mollusques (MAURER et COMPS, 1984).

ASPECTS ECOPHYSIOLOGIQUES .

Les mortalités sont associées à des températures élevées, supérieures à 21° C; elles s'observent à la suite du rapide réchauffement des eaux débutant en avril-mai et s'accentuant en juin-juillet. Elles paraissent cesser après une certaine stabilisation de ce paramètre, même à des valeurs relativement hautes (fig.2). Toutefois, les années où la mortalité a été moindre (de 1978 à 1980) présentent des températures similaires à celles des années suivantes.

L'étude de lots expérimentaux et de leur environnement montre par ailleurs que les secteurs sensibles sont soumis à des conditions thermiques plus extrêmes que les secteurs épargnés: élévation de température printanière plus rapide et plus marquée, niveaux thermiques moyens supérieurs et amplitudes quotidiennes très importantes.

La température semble donc un élément déterminant dans les mortalités estivales, mais non suffisant pour expliquer à lui seul le phénomène.

L'évolution des conditions trophiques dans le bassin d'Arcachon est caractérisée par un bloom phytoplanctonique printanier, plus ou moins important selon les années, suivi d'une période de pauvreté estivale débutant au mois de juin (fig. 3). Les mortalités se produisent donc lors d'une réduction de la nourriture disponible. Il n'a cependant pas été mis en évidence de différences significatives des teneurs en chlorophyle a entre plusieurs secteurs prospectés.

Une étude du comportement d'huîtres de 1 et 2 ans, dans plusieurs sites (fig. 1) du bassin d'Arcachon diversement affectés par les mortalités, a été menée au cours des printemps et étés 1983 et 1984. Le tableau 1 rend compte des taux de mortalité observés sur ces lots expérimentaux. Le phénomène apparaît moins intense en 1984 sur les deux classes d'âge, tout en restant plus marqué chez les huîtres de 1 an. Il n'a pas de relation directe avec le fait que les huîtres maturent ou non. Ainsi, en 1984, les huîtres de 1 an, bien que ne présentant pas pour la plupart de produits sexuels, ont été touchés par les mortalités. Chez les huîtres de 2 ans, aucune surmaturation (gamètes atrésiques) n'a été observée, la ponte étant précoce.

Les mortalités n'affectent pas les sujets en fontion de leur taille comme l'avaient constaté BEATTIE *et al.* (1980) aux Etats-Unis. D'autre part, le sexe des individus n'intervient pas, contrairement aux observations de GLUDE (1975) et de PERDUE *et al.* (1981) également aux Etats-Unis.

L'analyse des constituants biochimiques montre que les mortalités se produisent après une chute marquée des réserves glucidiques (teneurs inférieures à 1 % du poids sec) (fig. 4). Lorsque ces taux se maintiennent à des valeurs plus élevées, ce qui est le cas au Cap-Ferret chez les huîtres de 1 an, et dans les trois sites chez celles de 2 ans en 1984, les mortalités ne se manifestent pas. Elles résulteraient d'un déficit énergétique, dont les effets sont brutalement aggravés par une intensification des chocs (thermique et du à l'assec) auxquels sont soumis les mollusques.

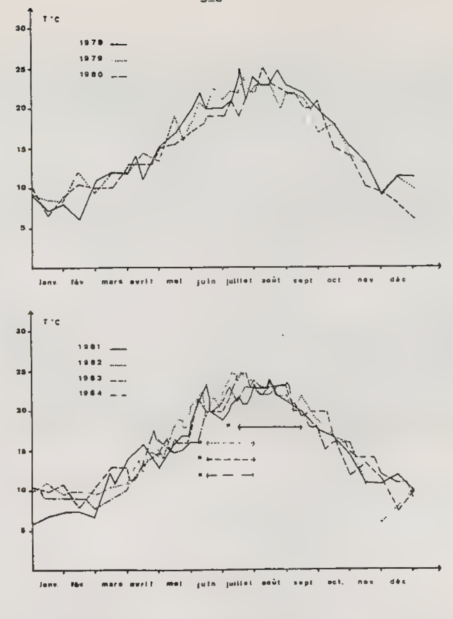


Fig. 2 - Températures maximales relevées dans le chenal principal du bassin d'Arcachon au cours des années 1978 à 1984.

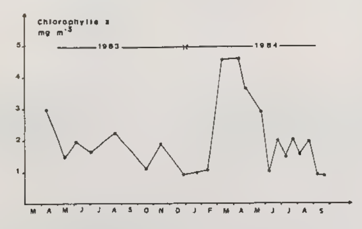


Fig. 3 - Variations des taux de chlorophylle a dans le chenal principal du bassin d'Arcachon

Site	TAUSSAT		CAP-FERRET		COURBEY	
Année	1983		1983			
Age des huîtres	1 an	2 ans	1 an			
Date des mortalités	12 Juillet	25 juillet	début août			
Intensité	30 %	10 %	3 %			
Année	1984		1984		1984	
Age des huîtres	1 an	2 ans	1 an	2 ans	1 an	2 ans
Date des mortalités	début juillet	-	-	-	début juillet	-
Intensité	10 %	-	-	-	10 %	-

Tab. 1 - Date et intensité des mortalités sur les lots expérimentaux

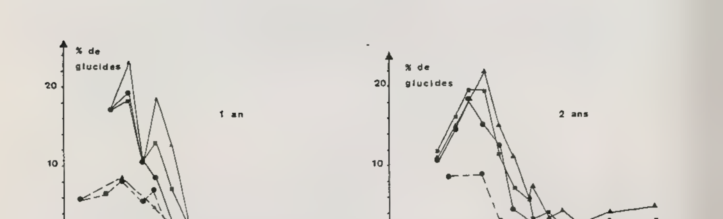


Fig. 4 - Evolution des teneurs en glucides totaux (% du poids sec)

L'étude a par ailleurs mis en évidence une différence de comportement entre les huîtres des deux classes d'âge résultant de besoins métaboliques supérieurs chez les jeunes sujets (MAURER et BOREL, 1985). Ceci les prédispose plus particulièrement à un déséquilibre énergétique (BAYNE et NEWELL, 1983), pouvant être mis en liaison avec les mécanismes d'autophagie mentionnés précédemment.

Les différences observées entre les deux années peuvent être reliées aux températures maximales moins élevées en 1984, ainsi qu'au bloom phytoplanctonique printanier très marqué cette même année, qui a permis l'accumulation d'importantes réserves (fig. 4).

DISCUSSION.

Les mortalités survenues au Japon et aux Etats-Unis présentent certaines similitudes avec celles qui ont sévi dans le bassin d'Arcachon. Elles interviennent pendant la période de reproduction, sont associées à des températures élevées, et aucun élément pathogène ne peut être mis en cause, bien qu'une altération de l'épithélium du diverticule digestif des mollusques ait été observée; les huîtres dont la maturation est rapide sont les plus touchées, (GLUDE, 1975; KOGANEZAWA, 1975).

Cependant des différences apparaissent. L'ampleur du phénomène est beaucoup plus importante dans ces pays, puisque certaines années, 60 % du stock peut être détruit. Par ailleurs, ce sont les huîtres de 2 ans et plus qui sont surtout affectées. Les mortalités débutent après la première ponte et se poursuivent pendant toute la période de reproduction. Enfin, les huîtres atteintes sont caractérisées par une croissance rapide, un développement excessif de la gonade et des index de condition élevés, associés à de forts potentiels nutritifs.

Dans le bassin d'Arcachon, au contraire, les index de condition peu élevés n'indiquent pas un développement important de la gonade, et les conditions trophiques interviennent dans le sens d'une limitation de la nourriture disponible.

Si les recherches effectuées au Japon et aux Etats-Unis tendent aussi à mettre en cause des perturbations physiologiques, elles n'apparaissent donc pas être du même type que celles suspectées dans le bassin d'Arcachon.

MORI (1979) relie les mortalités à une intense glycogénolyse, menant à des teneurs en glycogène minimales à la ponte. Parallèlement, il observe une accumulation de lipides dans l'épithélium du diverticule digestif, en liaison avec une eutrophisation excessive du milieu, et accompagnée d'une diminution de l'activité physiologique. Les graisses deviendraient la principale source d'énergie mais elles ne seraient pas assez efficientes pour permettre à l'huître de faire face à ses besoins énergétiques et une mortalité en découlerait (MORI, 1979). Secondairement, une surmaturation et une perturbation des métabolismes lipidiques et stéroïdiques accélèrerait le phénomène.

PERDUE *et al.* (1979) aux Etats-Unis remarquent quant à eux que les mortalités coïncident avec une réorientation du métabolisme des hydrates de carbone vers une phase de stockage. Les auteurs n'établissent cependant pas de lien entre les niveaux absolus de glycogène et les

mortalités.

CONCLUSION.

Après avoir écarté les aspects de pollution aigüe et d'action d'un agent pathogène dans les mortalités estivales de *Crassostrea gigas* dans le bassin d'Arcachon, l'hypothède de perturbations physiologiques des huîtres en liaison avec les conditions de milieu est retenue; les mortalités résulteraient d'un déficit énergétique, dont les effets sont aggravés par une intensification des chocs (thermique ou dû à l'assec) que subissent les mollusques au cours de l'été. Le comportement physiologique des jeunes huîtres les y prédisposerait plus particulièrement. Dans ces conditions, une augmentation du stock d'huîtres en élevage pourrait accentuer le phénomène, en aggravant le déficit énergétique.

Ces mortalités se différencient de celles qui affectent *Crassostrea gigas* au Japon et aux Etats-Unis. Elles interviennent sur des huîtres plus jeunes, s'accompagnent d'une pauvreté du milieu en éléments nutritifs et ne sont pas reliées directement à la maturation qui n'interviendrait que comme un des éléments du bilan énergétique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

ANONYME, 1982 a. Recherches de produits phytosanitaires dans le bassin d'Arcachon. Rapport ~~D.D.A.S.S. Gironde : 100 p. + annexes.~~

ANONYME, 1982 b. Mortalités d'huîtres dans le bassin d'Arcachon.Résultats d'analyses et examens. Rapport I.F.R.E.MER n° 7398 E.E. : 5 p.

BAYNE, BL., et NEWELL, R.C., 1983. Physiological energetics of marine molluscs. In : "The Mollusca", 4(1) : 407-515.

BEATTIE, J.H., CHEW, K.K., et HERSHERBER, W.K., 1980. Differential survival of selected strains of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) during summer mortalities. *Proc. Nat. Shellfish. Assoc.*, 70 : 184-189.

GLUDE, J.B., 1975. A summary report of Pacific coast oyster mortality investigations 1965-1972. Proc. Third U.S. Japan Meating on Aquaculture at Tokyo, Japan. October 15-16, 1974:1-28.

HIS, E., et ROBERT, R., 1985. Développement des véligères de *Crassostrea gigas* dans le bassin d' Arcachon. Etudes sur les mortalités larvaires. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, 47 (1 et 2): 63-88.

KOGANEZAWA, A., 1975. Present status of studies on the mass mortality of cultured oysters in Japan and its prevention. Proc. Third U.S. Japan. Meeting on Aquaculture at Tokyo. Japan, October 15-16, 1974 : 29-34.

MAURER, D., 1982. Résultats de l'enquête sur les mortalités estivales d'huîtres dans le bassin d'Arcachon (été 1982). Rapport I.F.R.E.MER : 18 p.

MAURER, D., et COMPS, M., 1984. Mortalités estivales de l'huître *Crassostrea gigas* dans le bassin d'Arcachon : facteurs du milieu, aspects biochimiques et histologiques. Premier Colloque International de Pathologie en Aquaculture Marine. 11-14 septembre 1984. Montpellier (à paraître).

MAURER, D., et BOREL, M., 1985. Croissance, engraissement et cycle sexuel de *Crassostrea gigas* dans le bassin d'Arcachon : comparaison des huîtres âgées de 1 et 2 ans. *Haliotis* (à paraître)

MOORE, M.N., 1976. Cytochemical demonstration of latency of lysosomal hydrolases in digestive cells of the common mussel *Mytilus edulis* and changes induced by thermal stress. *Cell. Tiss. Res.*, *1975* : 279 - 287

MOORE, M.N., LOWE, D.M., et MOORE, S.L., 1979. Induction of lysosomal destabilisation in marine bivalve molluscs exposed to air. *Mar. Biol. Lett.*, 1 : 45-57.

MORI, K., 1979. Effects of artificial eutrophisation on the metabolism of the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. *Mar. Biol.*, 53 : 361-369.

MORTON, B.S., 1977. The tidal rythm of feeding and digestion in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*). *J. exp. mar. Biol. Ecol.* , 26 : 135-151.

PERDUE, J.A., BEATTIE, J.H., et CHEW, K.K., 1981. Some relation ships between gametogenetic cycle and summer mortality phenomenon in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in Washington State. *J. Shellfish Res.* 1 (1) : 9-16.

QUICK, J.A., 1971. A preliminary investigation : the effect of elevated temperature on the American oyster *Crassostrea virginica*. Professional Paper Series. Marine Research Laboratory, Florida Department of Natural Resources, n° 15, 120 p.

THOMPSON, R.J., RATCLIFFE, N.A., et BAYNE, B.L., 1974. Effects of starvation on structure and function of the digestive gland of the mussel (*Mytilus edulis*). *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 54 : 699 - 712.

SCHOLZ, A.J., WESTLEY, R.E., et TARR, M.A., 1970. Pacific oyster mortalities and environmental condition on Washington State. *Proc. Nat. Shellfish. Ass.* , 60 : 15-16 (Abstract).

******

Haliotis, 15, 1986
p. 319 à 325

TOXICITE D'UN DESHERBANT, L'ATRAZINE-SIMAZINE, SUR LES JEUNES STADES LARVAIRES DE *CRASSOSTREA GIGAS* ET SUR DEUX ALGUES FOURRAGES, *ISOCHRYSIS AFF-GALBANA* ET *CHAETOCEROS CALCITRANS*.

par

René ROBERT, Edouard HIS et Danièle MAURER

Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer,
63, Boulevard Deganne - 33120 Arcachon.

ABSTRACT : Effects of atrazine-simazine upon larvae of *Crassostrea Gigas* and two unicellular marine algae, *Isochrysis aff-galbana* and *Chaetoceros Calcitrans*.

Corn culture has developed considerably around the Bay of Arcachon (France). Related to this expansion is an increase in the use of Atrazine-Simazine, a herbicide spray. Because Arcachon is an important spat catching area for the Japanese oyster, the toxicity of this compound on the formation and the growth of young larvea of *Crassostrea gigas* was studied. In addition, its action on the growth of two algae, *Isochrysis aff-galbana* and *Chaetoceros calcitrans*, which are used as food for the veligers was analysed. This herbicide may directly disturb the development of the larvae and it may also play an indirect role on the veligers by curbing growth of the nanoplankton.

RESUME.

La culture du maïs s'est fortement développée en Aquitaine (France) ces dernières années; elle a induit l'utilisation accrue de pesticides et herbicides. Une des formulations les plus utilisées sur le pourtour du bassin d'Arcachon, zone traditionnelle de captage du naissain, est le mélange Atrazine-Simazine. Les limites d'action de ce produit sont définies sur les larves de *Crassostrea gigas* et sur deux souches test du nanoplancton utilisées en milieu contrôlé pour leur alimentation, *Isochrysis aff-galbana* et *Chaetoceros calcitrans*. En effet l'herbicide peut affecter directement les larves, mais avoir aussi une action défavorable en perturbant le développement des algues fourrages indispensables à la croissance des véligères.

MOTS CLES : Ecotoxicologie, Atrazine, Simazine, larves, *Crassostrea gigas*, algues unicellulaires, *Isochrysis aff-galbana, Chaetoceros calcitrans*.

KEY WORDS : Ecotoxicology, Atrazine, Simazine, larvae, *Crassostrea gigas*, unicellular marine algae, *Isochrysis aff-galbana, Chaetoceros calcitrans*.

INTRODUCTION.

Centre autonome de production, d'élevage et de commercialisation de l'huitre creuse *Crassostrea gigas*, le bassin d'Arcachon assure une part importante de l'approvisionnement en naissain des régions conchylicoles françaises.

Deux facteurs sont à l'origine de cette activité : un potentiel de production élevé estimé à 5 millions de naissains pour l'ensemble de la baie et une bonne qualité du produit grâce au captage réalisé sur tuiles chaulées (His et Robert, 1985).

Cependant, le maintien de cette activité est étroitement lié à la qualité biologique du milieu marin. Or, de part ses caractéristiques physiques, le bassin d'Arcachon est une zone particulièrement sensible à l'action des facteurs antropiques. Il ne possède qu'une seule zone d'échange avec l'océan, et malgré l'importance des masses d'eau en mouvement, le renouvellement de celles-ci ne se fait pas aisément dans les différentes parties de la baie. Une surveillance

de la qualité biologique de ses eaux est donc nécessaire. Les seuils de toxicité de différents produits, utilisés sur le pourtour du bassin d'Arcachon, susceptibles de perturber la reproduction de *Crassostrea gigas*, doivent être recherchés.
C'est dans cette optique que s'inscrit le présent travail.

Depuis une dizaine d'années, la maïssiculture s'est fortement développée en Gironde, où elle occupe actuellement 36.000 ha, et s'accompagne de l'utilisation de pesticides et herbicides. Parmi ces derniers, un composé d'Atrazine et de Simazine est le plus employé. Les traitements se font en fin de printemps, à raison de 4 - 6 l. par ha et donc 180.000 litres en moyenne de produits, comprenant 50 % de composés actifs, sont épandus chaque année.

MATERIEL ET METHODE.

Tout altéragène peut avoir une influence néfaste sur un organisme vivant, soit directement, soit en perturbant son alimentation. L'action du produit a donc été testée sur l'embryogénèse et les larves de *Crassostrea gigas* ainsi que sur deux souches du nanoplancton utilisées pour leur nutrition en milieu contrôlé. Dans ce dernier cas, seules les concentrations inférieures à celles qui perturbent la croissance larvaire ont été retenues afin de déterminer si ces faibles teneurs, sans action directe sur les organismes, peuvent nuire à leur développement par le biais de perturbations des algues fourrage.

Elevage larvaire.

Les techniques utilisées ont déjà été exposées (Robert et *al.*, 1982; His et Robert, 1985) aussi, nous n'en rappellerons que les grandes lignes. La maturation des géniteurs est réalisée pendant 3 à 4 semaines en circuit fermé à la température de 20° C $\pm$ 1°C. Les émissions sont obtenues par chocs thermiques et stimulation chimique. Les fécondations sont réalisées en double exemplaire en eau de mer filtrée (0,2 µm) contaminée ou non (témoins). Après incubation (24 heures), 8.000 larves/l sont réparties dans des béchers stériles de 2 l. contenant de l'eau de mer filtrée aux différentes concentrations en toxiques. Un apport quotidien de 100 cellules/ µl d'un mélange d'*Isochrysis aff. galbana* et *Chaetoceros calcitrans* assure la nutrition de véligères maintenues à la température de 24° C. Le renouvellement de l'eau des élevages et du micropolluant s'effectuent 24 heures après la fécondation, puis tous les deux jours et s'accompagne d'un échantillonnage larvaire. Les observations poursuivies pendant 10 jours portent sur les pourcentages de larves D formées, de larves anormales et de mortalités. La croissance des véligères est étudiée par mensuration de la hauteur de 50 individus par élevage à 1,5 microns près, sur clichés photographiques. Les moyennes sont calculées avec un intervalle de confiance de 95 %.

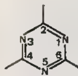
Développement phytoplanctonique.

Les cultures utilisées pour ces expériences sont fréquemment employées en laboratoire pour la nutrition des bivalves marins. Il s'agit de *Chaetoceros calcitrans*, Baccillariophycée et d'*Isochrysis aff. galbana* (= T.iso), Prymnesiophycée. La salinité de l'eau de mer est ramenée à 25 ‰ $\pm$ 1‰. Elle est filtrée à 0,2µm, enrichie en sels minéraux et vitamines, puis autoclavée.

Le milieu de croissance employé est celui de Conway (Walne 1966) auquel il convient d'ajouter 2 ml/l de métasilicate $Na_2\ Si_7\ O_3$ pour les diatomées (Laing 1979). Puis le toxique est rajouté stérilement dans chacun des erlenmeyers de 2 l, contenant 1 l de milieu et inoculé à l'aide de 100 ml d'algue issue d'une même culture. A chaque concentration deux erlenmeyers sont ensemencés et sont maintenus à la température de 20° C $\pm$ 1° C. sous éclairage permanent pendant 20 jours. Deux prélèvements de 20 ml par semaine sont réalisés. La croissance phytoplanctonique est établie par comptage de cellules au compteur de particules modèle ZB.ZBI. équipé d'un tube à orifice de 100 µm d'ouverture.

Préparation du toxique.

L'Atrazine, $C_{18}\ H_{14}\ Cl\ N_5$ etla Simazine, $C_7\ H_{12}\ Cl\ N_5$ sont deux composés appartenant au groupe des triazines dont la structure de base est la suivante :



une faible solubilité dans l'eau, ainsi qu'une persistance de plusieurs mois dans le sol caractérisent ces herbicides. En maïssiculture, une formulation contenant 250 g/l d'Atrazine et 250 g/l de Simazine, soit 500 g/l de produit actif, est la plus utilisée. C'est ce mélange qui est retenu pour les expériences.

Les différentes concentrations sont établies en tenant compte de la faible solubilité de ces herbicides dans l'eau. Une suspension de 10 ml/l en eau distillée stérile est homogénéisée pendant 1 heure à l'agitateur magnétique. Les concentrations en produits actifs inférieures à 0,25 mg/l sont établies par adjonction dans l'eau des élevages de volumes adéquats de la suspension. Une dilution de la solution mère permet l'obtention des plus faibles concentrations, 0,1 mg/l et 0,05 mg/l. Huit concentrations comprises entre 10 mg/l et 0,1 mg/l de produits actifs ont été testées sur les oeufs et les larves de *Crassostrea gigas*. Quatre concentrations inférieures ou égales à 1 mg/l ont été expérimentées sur les algues.

RESULTATS.

Action sur l'embryogénèse et la formation de larves D.

24 heures après les fécondations, les larves D sont observées dans tous les élevages. Les taux d'anomalies sont peu importants (5 %) pour les concentrations inférieures ou égales à 1 mg/l. Par contre, au dessus de cette valeur, ils augmentent avec la teneur en toxique. Ainsi, 15 à 20 % de véligères anormales sont dénombrées à 2,5 mg/l et 5 mg/l, et 75 % le sont à 10 mg/l. Les anomalies se caractérisent principalement par des charnières concaves et un vélum boursoufflé.

Action sur les mortalités et les croissances larvaires.

La teneur de 1 mg/l représente encore une limite au-delà de laquelle des mortalités importantes apparaissent dans les élevages. Elles sont progressives et atteignent des taux de 80 à 100 % aux concentrations supérieures ou égales à 7,5 mg/l dès le sixième jour. Les larves soumises aux teneurs supérieures ou égales à 2,5 mg/l meurent dès le huitième jour. En dessous de cette valeur les mortalités sont peu importantes tout au long de l'expérience.

L'action de l'Atrazine-Simazine sur la croissance larvaire de *Crassostrea gigas* est représentée dans le tableau 1. La représentation graphique ne concerne que les élevages soumis

aux concentrations de 0 mg/l (témoins), 0,5 mg/l, 1 mg/l et 2,5 mg/l (fig 1). A 10 mg/l, les véligères présentent une très faible croissance jusqu'au 4ème jour, au-delà duquel les élevages n'ont pu être poursuivis (mortalités). De 7,5 mg/l à 2,5 mg/l, un ralentissement puis un arrêt de la croissance larvaire est observé au-delà du deuxième jour d'élevage. A 1 mg/l la croissance larvaire est affectée dès le 4ème jour.

Par contre aux concentrations inférieures, aucune différence significative de taille n'est observée comparativement aux témoins.

La teneur de 0,50 mg/l représente donc un seuil au-delà duquel la croissance larvaire est anormale.

Age des larves en jours	CONCENTRATIONS en mg/l								
	0	0,1	0,25	0,5	1	2,5	5	7,5	10
1	61,25 ±0,57	61,80 ±0,72	61,54 ±0,85	61,96 ±0,80	58,65 ±0,87	59,98 ±0,89	59,94 ±0,74	59,20 ±0,59	59,76 ±0,88
2	67,88 ±0,59	68,30 ±0,68	70,71 ±0,60	67,89 ±0,64	68,97 ±0,60	68,69 ±0,61	67,00 ±0,65	67,36 ±0,58	63,23 ±0,64
4	79,20 ±0,96	----	80,43 ±0,91	81,18 ±1,27	77,10 ±1,02	75,15 ±0,85	74,07 ±1,02	72,01 ±0,72	64,96 ±0,77
6	94,81 ±4,33	102,44 ±3,13	97,78 ±2,75	98,56 ±2,44	82,95 ±2,10	76,24 ±1,37	73,30 ±1,60	///// /////	///// /////
8	107,61 ±5,22	115,69 ±3,72	110,87 ±3,30	111,89 ±3,02	104,41 ±4,52	///// /////	///// /////	///// /////	///// /////
10	127,79 ±6,77	132,10 ±5,01	130,92 ±6,64	131,42 ±3,46	109,79 ±4,84	///// /////	///// /////	///// /////	///// /////

-----Pas de mesure

////// Arrêt des élevages

Tableau 1 : Hauteurs moyennes exprimées en µm avec intervalle de confiance au seuil de sécurité de 95 % des larves de *Crassostrea gigas* élevées à différentes concentrations en Atrazine-Simazine.

Action sur la croissance de 2 souches phytoplanctoniques

Deux séries expérimentales ont été réalisées avec chacune des deux algues testées. Les réponses ont été similaires. L'action de l'Atrazine-Simazine sur les croissances d'*Isochrysis aff. galbana* et *Chaetoceros calcitrans* est représentée dans la figure 2. Chez les deux espèces, la teneur de 0,1 mg/l représente un seuil au-delà duquel une inhibition de la croissance phytoplanctonique et des mortalités cellulaires sont observées. Une réponse différente est obtenue à la concentration de 0,1 mg/l. Un léger ralentissement de la croissance est observée chez *Isochrysis aff. galbana*. A l'inverse, celle-ci semble stimulée chez *Chaetoceros calcitrans*.

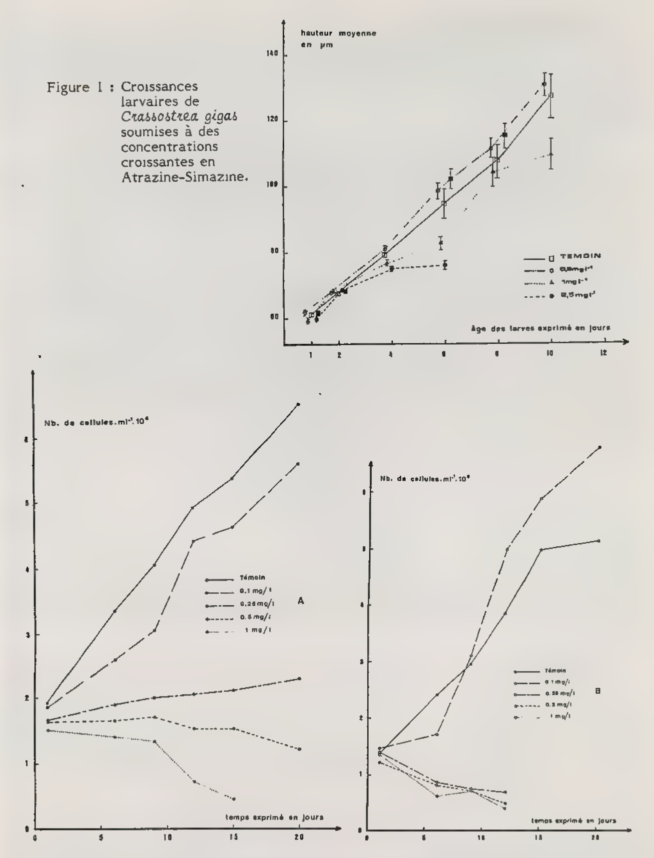


Figure 1 : Croissances larvaires de *Crassostrea gigas* soumises à des concentrations croissantes en Atrazine-Simazine.

Figure 2. : Croissances d'*Isochrysis aff. galbana* (A) et *Chaetoceros calcitrans* (B) exposées à des teneurs croissantes en Atrazine-Simazine.

DISCUSSION - CONCLUSION.

L'Atrazine-Simazine n'a aucune action sur le développement embryonnaire de *Crassostrea gigas* jusqu'à la teneur de 1 mg/l. Au-delà, les perturbations de l'embryogénèse se manifestent par un taux croissant d'anomalie larvaire, en fonction de la teneur en toxique. C'est encore dès cette teneur que l'on note un ralentissement des croissances des véligères, s'accompagnant de mortalité.

Le seuil de sensibilité de *Crassostrea gigas* à l'Atrazine-Simazine est donc égal à 0,5 mg/l puisqu'à cette valeur les développements embryonnaires et larvaires ne sont pas affectés Par contre, à cette concentration, aucune croissance phytoplanctonique n'est observée chez *Isochrysis aff. galbana* et *Chaetoceros calcitrans*.Il faut descendre à 0,1 mg/l pour lever cette inhibition.

Ces derniers résultats sont difficilement comparables à ceux obtenus par d'autres auteurs. Ainsi Neuville et *al.* (1974) estiment le seuil de sensibilité de *Navicula ostrearia* et *Phaeodactylum tricornutum* à l'Atrazine respectivement à 1 et 2 mg/l. A 2,2 mg/l une importante réduction de la photogénèse, de la croissance et de la teneur en chlorophylle est observée chez *Navicula sigma* et *Thalassiosira fluviatilis* (Plumley & Davis, 1980). Une réduction de 50% du dégagement d'oxygène a été démontrée chez *Chlorella pyrenoïdosa* à la très faible teneur en Atrazine de 0,04 mg/l. (Lefebvre & Calvet, 1980). Seules les observations d'Hollister et Walsh (1973) sont en accord avec nos résultats puisqu'à la teneur de 0,1 mg/l, une réduction de 50% de la consommation d'oxygène est obtenue chez *Isochrysis galbana*.Chez les baccillariophyceae une plus grande résistance au toxique est notée par ces mêmes auteurs.

Les conditions expérimentales, les algues utilisées et les méthodes d'analyse expliquent, à notre avis, l'hétérogénéité des résultats. Ainsi pour une inhibition de 50 % du dégagement d'oxygène, la sensibilité de *Chlorella pyrenoïdosa* varie de 0,04 à 0,73 mg/l selon les conditions expérimentales proposées par les différents auteurs (Lefebvre & Calvet, 1980). Les travaux de Ukeless (1962) et plus précisément, ceux d'Hollister & Walsh (1973) démontrent que la réponse à un même toxique varie selon les organismes phytoplanctoniques. Rappelons que 2 séries expérimentales pour chacune des algues testées ont été réalisées et que les réponses obtenues ont été les mêmes.

En dessous de 1 mg/l, aucune toxicité directe à l'Atrazine-Simazine n'est observée sur les oeufs et les véligères de *Crassostrea gigas*. Par contre, en inhibant dès la concentration de 0,25 mg/l la croissance du nanoplancton nourricier, le développement larvaire de *Crassostrea gigas* peut être fortement perturbé. 0,1 mg/l représente donc le seuil d'action par toxicité indirecte de l'Atrazine-Simazine sur le développement larvaire de *Crassostrea gigas* puisqu'à cette valeur, la croissance phytoplanctonique n'est pas affectée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

HIS, E. et ROBERT, R., 1985. Développement des véligères de *Crassostrea gigas* dans le bassin d'Arcachon. Etudes sur les mortalités larvaires. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, *47* (1 et 2) : 63-88.

HOLLISTER, T.A. et WALSH, G.E., 1973. Differential responses of marine phytoplankton to herbicides : oxygen evolution.
Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology, Vol.9, n° 5 : 291-295.

LAING, I., 1979. Recommended procedures for the culture of *Chaetoceros calcitrans. Fisheries Research Technical Report 53* : 8-12.

LEFEBVRE - DROUET, E. et CALVET, R., 1978. La détection et le dosage des herbicides à l'aide des chlorelles : recherches sur les conditions expérimentales optimales et application à l'analyse de plusieurs herbicides. *Weeek. Research, Vol. 18* : 33.39

NEUVILLE, D., DASTE, P. et LONGCHAMP, R., 1974. Toxicité comparée de divers pesticides à l'égard de deux espèces de diatomées utiles à l'ostréiculture.
C.R. Acad. Sc. Paris, t. 279. Série D : 675-678.

PLUMLEY,G.F. et DAVIS, D.E., 1980. The effects of a photosynthesis inhibitor atrazine on salt marsh edaphic algae, in culture, microecosystems and in the field.
Estuaries, Vol.3., n° 4 : 271-277.

ROBERT, R., HIS, E. et MAURER, D., 1982. L'unité d'écophysiologie et de molysmologie larvaire des bivalves d'intérêt commercial du laboratoire I.S.P.T.M. d'Arcachon.
Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., 45 (3) : 197-209.

UKELESS, R., 1962. Growth of pure cultures of marine phytoplankon in the presence of toxicants
Applied Microbiology, Vol. 10, n° 6 : 532-537.

WALNE, P.R., 1966. Experiments in the large-scale culture of the larvae of *Ostrea edulis L.*
Fishery Invest. Cond., Ser. 2, 26 (5) : 1-62.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 327 à 334

APPROCHE DE L'ACTION PHYSIOPATHOLOGIQUE DES PEINTURES ANTISALISSURES A BASE D'ORGANO-ETAINS ET DE L'OXYDE DE TRIBUTYLETAIN SUR LA COMPOSITION EN CUIVRE ET EN ZINC DE L'HUITRE *CRASSOSTREA GIGAS*

par

Françoise GENDRON et Nardo VICENTE

Centre d'Etudes des ressources animales marines
Faculté des Sciences et Techniques de St-Jérôme - 13397 MARSEILLE CEDEX 13

ABSTRACT. The effects of the antifouling paints containing TBT and tributylin oxide on the breathing activity of the oyster *Crassostrea gigas* have been investigated by determining the concentration of copper in the oysters from the bioaccumulation of TBTO. We have been trying to connect the concentration of zinc in the oyster and the shell malformations in *Crassostrea gigas* induced by TBTO (Alzieu *et al*, 1980). The results obtained from traditional paints show a depressive effect on the concentrations of copper and zinc. The copolymer paints induce anarchical variations of copper and a small depressive effect on the concentration of zinc. 5 µg/l of TBTO reduces the quantiy of copper in the oyster in relation to the bioaccumulation of 10 ppm tin after 18 days of exposure. It also gives a depressive effect on the concentration of zinc in the oyster. It appears that the organic tin compounds are in competition with copper and/or zinc in bioaccumulation and the combination with haemocyanin and carbonic anhydrase makes them inert.

RESUME. L'action des peintures antisalissures à base d'organo-étains ainsi que celle de l'oxyde de tributylétain (TBTO) sur l'activité respiratoire des huîtres *Crassostrea gigas* ont été appréhendées par le suivi de la concentration en cuivre dans les huîtres, en relation avec la bioaccumulation du TBTO. Nous avons essayé d'établir une corrélation entre les concentrations en zinc de l'huitre et les problèmes de calcification induits par le TBTO. Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence une action dépressive des peintures traditionnelles sur les concentrations en cuivre et en zinc. Les peintures copolymères induisent des variations anarchiques du cuivre et une légère baisse de la concentration en zinc. L'oxyde de tributylétain à 5µg/l fait chuter les quantités de cuivre présentes dans l'huître en relation avec une bioaccumulation de 10 ppm d'étain après 18 jours de contamination. Il provoque également une diminution de la concentration en zinc de l'huître. Les organostanniques semblent entrer en compétition avec le cuivre et / ou le zinc au niveau de la bioaccumulation et de l'association avec le pigment respiratoire et avec l'anhydrase carbonique, diminuant ainsi leurs activités.

MOTS CLEFS : Huître - calcification - toxicité - organo-étain - oxyde de tributylétain - physiologie - oligoéléments.

KEY WORDS : Oysters - calcification - toxicity - organotin - tributyltin oxide - physiology - oligoelements.

INTRODUCTION

Des problèmes de calcification des coquilles de l'huitre *Crassostrea gigas* avec formation de poches gélatineuses sont apparus dans le bassin d'Arcachon (His et Robert, 1981) et de Marennes Oléron en 1979. Héral et al. ont mis en évidence en 1981 une étroite relation entre l'importance des malformations de la coquille et la proximité des zones portuaires. A la suite de recherches en laboratoire, Alzieu et al. (1982) ont impliqué les peintures antisalissures à base d'organostanniques. Des études complémentaires sur la toxicité de différents produits

antisalissures ont été entreprises par les producteurs d'organo-étains en particulier la Société Elf Aquitaine.

Les principaux résultats de ces expériences ont établi que les produits antisalissures à base d'organostanniques sont en partie reponsables des anomalies de la calcification observée chez l'huître *Crassostrea gigas*. Ce sont surtout les peintures copolymères de TBT qui induisent la formation répétée des chambres, les peintures de type traditionnel entraînant de fortes mortalités (100 % en 10 jours). L'oxyde de Tributylétain agirait au niveau de la phosphorylation oxydative (Aldridge et Street, 1964) et provoquerait également une déplétion de l'activité physiologique et respiratoire (Héral et al. 1983).

L'action sur l'activité respiratoire des huîtres peut être appréhendée par le suivi de la concentration en cuivre dans les organismes au cours du temps puisqu'il est l'oligoélément du pigment respiratoire de l'huître. Nous avons également essayé de mettre en relation les problèmes de calcification induits par le TBTO et les concentrations en zinc de l'huître. Le zinc intervient comme activateur de l'anhydrase carbonique dans les réactions enzymatiques de la transformation du gaz carbonique en carbonate. Les concentrations de ces deux oligoéléments ont été déterminées dans des huîtres contaminées par une peinture TBT traditionnelle, une peinture copolymère de TBT et par l'oxyde de tributylétain à la concentration de 5 µg/l.

MATERIEL ET METHODES.

Les huîtres de l'espèce *Crassostrea gigas* âgées d'un an proviennent de la même zone d'élevage de l'étang de Thau.

Au cours des contaminations par les peintures, réalisées au Centre de lagunage de Mèze, deux cents huitres sont réparties dans 3 paniers en polyéthylène, type Gilac, superposés et suspendus dans des bassins cylindroconiques de 1,5 m^3 de volume, réalisés en résine polyester et fibre de verre. Ces bassins sont alimentés par l'eau de l'étang de Thau pompée en pleine zone ostréïcole par une pompe électrique de type "Flyght" (débit 250 l/heure). Les peintures ont été appliquées sur des plaques en polyéthylène de 750 cm^2. Ces expériences ont été réalisées de mai à août 1984.

La peinture TBT traditionnelle est principalement composée d'une résine chlorée (caoutchouc chloré et paraffine chlorée) et contient 13 % de TBTO libre. La peinture polymère est une résine copolymère acrylique dans laquelle est inclus le TBTO. La libération de l'agent toxique se fait par hydrolyse à partir du polymère.

Les deux contaminations par le TBTO à la concentration de 5µg/l ont été réalisées dans des bacs en polyéthylène de 160 ml/mn. Vingt cinq huitres sont installées dans chaque bassin après avoir été débarrassées de leurs épibiontes. Ces deux expériences ont été menées au laboratoire en juillet 84 et février 85. Au cours de la deuxième série expérimentale (février 1985), la température initiale de l'eau de mer était de 12°C. Elle a été progressivement élevée à 18°C au moyen d'un système d'échange de chaleur pour éviter toute contamination métallique. Le niveau de l'activité métabolique des huitres est ainsi augmenté.

La solution mère de TBTO à 1 g/l est préparée dans l'acide acétique. La dilution se fait dans l'eau de mer. Le débit d'alimentation en TBTO est de 0,05 ml/mn. Il est assuré

par une pompe Technicon avec tuyaux calibrés. La solution intermédiaire contient 16 mg/l de TBTO.

Les concentrations en étain dans l'eau de mer ont été régulièrement surveillées. Les analyses effectuées par le Centre de lagunage de Mèze ont été réalisées avec un spectrophotomètre d'absorption atomique à four graphite (AAS modèle Perkin Elmer type 2380 avec four HGA 400). Elles ont été effectuées suivant la méthode préconisée par la société M & T Chemicals (M & T 1977).

La concentration de 5 µg/l de TBTO a été surveillée en appliquant la méthode de génération / décomposition d'hydrures en spectrophotométrie d'absorption atomique (Gandjar, 1984; Pinel et al., 1984).

Des prélèvements d'huîtres ont été effectués tous les 3 jours et la chair a été lyophilisée pendant 48 h dans un lyophilisateur Serail (type sublivac).

Les analyses d'étain dans les huîtres ont été réalisées suivant la méthode de minéralisation de Thibault (1980) adaptée par Gandjar (1984) au dosage par génération/décomposition d'hydrures avec un spectrophotomètre IL 251 avec système de génération d'hydrures MHS1 Perkin Elmer.

Les dosages de cuivre et de zinc ont été effectués en spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (IL 251) à partir d'un minéralisat obtenu suivant la méthode F.A.O. (1975).

Les concentrations sont exprimées en mg/kg de poids sec.

Les produits ont été fournis par la Ceripec (peinture TBT traditionnelle et le TBTO en solution pure) et par la Société M & T Chemicals (Polyflo).

RESULTATS.

Les peintures TBT traditionnelles présentent un fort taux de lixiviation dans les premières heures suivant l'immersion, de l'ordre de 6400 µg/cm²/j (Gendron, 1985). Ces fortes concentrations en oxyde de tributylétain entrainent une chute rapide des concentrations en cuivre (fig. 1) et en zinc (fig. 2) dans l'organisme. Les quantités de cuivre dans les huîtres témoins sont de l'ordre de 400 ppm après 40 jours de test. Un lessivage de 29 jours du film de peinture supprime ces effets et les concentrations sont équivalentes à celles obtenues chez les huîtres témoins après 50 jours d'expérience.

Par contre le taux de lixiviation de la peinture copolymère de TBTO (Polyflo) varie de 3 à 4 µg/cm²/j après 8 heures d'immersion. (Waldock, Comm. Pers. ; Gendron, 1985). Nous observons dans ce cas des variations anarchiques de la concentration en cuivre des huîtres contaminées mais celle-ci reste légèrement supérieure à celle des huîtres témoins (fig.3). Après un lessivage du film de peinture pendant 29 jours, nous remarquons une augmentation des teneurs en cuivre de l'huitre qui atteignent 700 ppm après 50 jours de test. La concentration en zinc dans les huitres contaminées par la Polyflo reste équivalente à celle observée dans les huîtres témoins pendant 50 jours puis elle diminue légèrement pour atteindre 1500 ppm après 89 jours (Témoin sup. à 2000 ppm). Le vieillissement de la peinture pendant 29 jours semble annuler ces effets.

L'action de l'oxyde de tributylétain a la concentration de 5 µg/l a été plus précisé-

Fig. 1 Action de la peinture traditionnelle à To et après 29 jours de lessivage sur la concentration en cuivre dans les huîtres.

Fig. 2 Action de la peinture traditionnelle à To et après 29 jours de lessivage, sur la concentration en zinc dans les huîtres

Fig. 3 Action de la peinture polymère Polyflo à To et après 29 jours de lessivage, sur la concentration en cuivre dans les huîtres.

Fig. 4 Action de la peinture polymère Polyflo à To et après 29 jours de lessivage sur la concentration en zinc des huîtres

ment étudiée en laboratoire. Nous avons également essayé de mettre en relation la bioaccumulation du TBTO sur 21 jours et les effets du TBTO sur les concentrations en cuivre et en zinc de l'huître *Crassostrea gigas*.

Deux séries expérimentales ont été réalisées :

- Au cours de la première série expérimentale en juillet 1984, on observe une forte bioaccumulation de l'étain qui atteint 18 ppm après 21 jours de test (fig. 5). La température de l'eau de mer s'est maintenue autour de 18°C.

On note également une augmentation de la concentration en cuivre dans les huîtres témoins qui serait reliée à une contamination de l'eau de mer par la tige en laiton du flotteur régularisant l'arrivée générale de l'eau de mer (fig. 6). Néanmoins, nous pouvons mettre en évidence une action de l'oxyde de tributylétain sur l'évolution de la concentration en cuivre des huîtres contaminées. En début de contamination, les quantités de cuivre augmentent parallèlement à celles des huîtres témoins. Mais après 15 jours de test, elles diminuent et atteignent 52 ppm contre 140 ppm dans les huîtres témoins. Cette perturbation des concentrations en cuivre intervient lorsque la bioaccumulation en TBTO est de 10 ppm (fig.5).

Les concentrations en zinc des huîtres témoins augmentent également jusqu'à 2200 ppm puis tombent à 1700 ppm dans les 5 derniers jours (fig. 6). Les huîtres contaminées ont également des concentrations en zinc qui s'accroissent mais beaucoup moins que les huîtres témoins. Elles sont de 1200 ppm après 15 jours de test et de 1300 à 1400 ppm en fin de test (fig. 6). Il semblerait qu'il y ait une diminution de la bioaccumulation du zinc en présence du TBTO à 5 µg/l.

- Au cours de la deuxième série expérimentale, aucune contamination des huîtres témoins n'est intervenue. Les concentrations en cuivre se maintiennent autour de 150 ppm (fig7).

Il est important de rappeler qu'au cours de cette étude, l'eau de mer a été réchauffée de 6°C par un système d'échange de chaleur et maintenue à la température de 18°C pendant toute la durée de l'expérience. Ceci se répercute sur la bioaccumulation de l'étain qui est plus faible que celle observée au cours de la 1ère série expérimentale (juillet 84).

Les huîtres contaminées présentent une diminution de la concentration en cuivre lorsque la bioaccumulation en étain atteint 3-4 ppm. Après 18 jours de test, la quantité de cuivre dans la chair est inférieure à 100 ppm en relation avec 10 ppm d'étain.

La teneur en zinc dans les huîtres témoins augmente légèrement de 1800 à 2000 ppm en 20 jours. Par contre, dans les huîtres contaminées, le zinc diminue à partir d'une bioaccumulation en TBTO de 3-4 ppm. La concentration en zinc se maintient ensuite à 1400-1500 ppm après 15 jours de test, l'accumulation du TBTO étant de 10 ppm.

1 ère contamination au TBTO à 5 ug/l

Etain total ppm — 20, 15, 10, 5 — Cuivre ppm — 150, 100, 50 — 5, 10, 15, 20 jours

——— conc Etain total des huîtres contaminées
●———● conc. Cuivre des huîtres Témoin
- - - - conc. Cuivre des huîtres contaminées au TBTO à 5 ug/l

Fig. 5 Bioaccumulation de l'étain organique et du cuivre au cours de la 1 ère contamination par le TBTO

1ère contamination au TBTO à 5 ug/l

Etain total ppm — 20, 10, 5 — Zinc ppm — 2 000, 1 000 — 5, 10, 15, 20 jours

——— conc. en Etain total des huîtres contaminées
●- - -● conc. en zinc des huîtres témoin
- - - - conc en zinc des huîtres contaminées au TBTO à 5 ug/l



Fig. 6 Bioaccumulation de l'étain organique et du zinc au cours de la 1ère contamination

Fig. 8 Bioaccumulation de l'étain organique et du zinc au cours de la 2ème contamination par le TBTO

2 ème contamination au TBTO 5 g/l

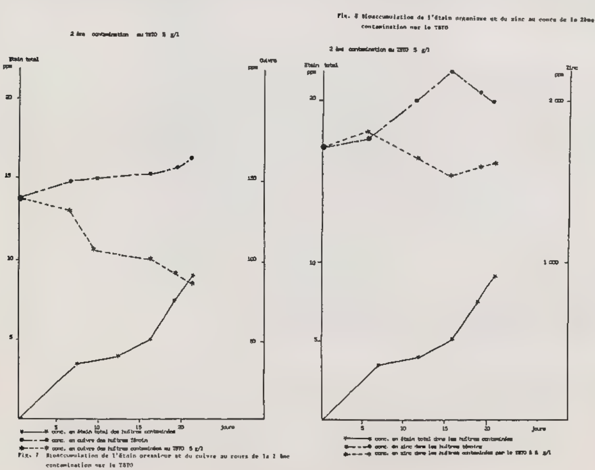


Fig. 7 Bioaccumulation de l'étain organique et du cuivre au cours de la 2 ème contamination par le TBTO

DISCUSSION - CONCLUSIONS.

Les peintures antisalissures à base d'organo-étains entrainent des modifications dans les concentrations en cuivre et zinc de l'huître. Mais ces modifications dépendent du type de peinture et de la quantité de TBTO libérée par ces peintures. La peinture traditionnelle (peinture A) présente un taux de lixiviation très élevé en début d'immersion de l'ordre de 6400 µg/cm²/j (Gendron, 1985). Par la suite, ce taux de lixiviation décroit lentement et se stabilise autour de 5 µg/cm²/j. après 200 heures d'immersion soit plus de 8 jours. Après un lessivage de 29 jours du film de peinture, le taux de lixiviation de la peinture A est voisin de 5 µg/cm²/j, ce qui correspondrait à 1,5 µg/l. de TBTO dans l'eau de mer du bac. L'annulation des effets toxiques de la peinture traditionnelle après un lessivage de 29 jours s'explique par ce faible taux de lixiviation. Les teneurs élevées de TBTO induisent une baisse des concentrations en cuivre et zinc de l'huitre; les faibles taux de TBTO (1 à 2 µg/l) ne semblent pas influencer ces concentrations.

Avec la peinture copolymère de TBT, le taux de lixiviation diminue de 15 à 5 µg/cm² /j en huit heures, ce qui correspond à des concentrations de TBTO dans l'eau de mer de 4 à 1,5 µg/l. Les anomalies dans les concentrations en cuivre sont nettement moins importantes que dans le cas de la peinture traditionnelle. Elles présentent surtout des variations anarchiques. Il en est de même après un lessivage de 29 jours. Ceci est logique puisque le taux de lixiviation de la peinture copolymère est stable dans le temps après huit heures d'immersion. En présence de la peinture Polyflo, les concentrations en zinc diminuent légèrement après 50 jours d'expérience et ne semblent pas modifiées en présence du film vieilli de la peinture.

Les contaminations par le TBTO à 5µg/l confirment les effets du TBT sur les concentrations en cuivre et en zinc des huîtres. La bioaccumulation de l'étain dans l:a chair de l'huitre suit la même évolution au cours des deux expériences mais le niveau de bioaccumulation est cependant plus faible dans la 2ème série. Ces différences observées dépendent d'une part de la période d'expérimentation et d'autre part de la température de l'eau de mer. Au cours du premier test la forte bioaccumulation observée est liée à la période estivale pendant laquelle l'activité métabolique est très élevée (température de l'eau de mer 18°C). Dans le 2ème test, la température initialement de 12°C en février 1985, a été élevée à 18°C par un système d'échange de chaleur. Le métabolisme des huîtres, ralenti en début d'expérience , ne présente pas le même niveau d'activité malgré l'élévation progressive de la température. Cette différence dans la bioaccumulation du TBT n'est pas ressentie au niveau des concentrations en cuivre, car au cours du premier test une contamination accidentelle provoquant une augmentation des teneurs en cuivre chez les huîtres témoins est intervenue. Chez les huîtres contaminées par le TBTO, cette pollution a masqué en grande partie les effets du TBTO . Néanmoins, la deuxième série expérimentale permet de confirmer l'action du TBTO sur les concentrations en cuivre et en zinc des huîtres. Les perturbations les plus importantes s'observent surtout au niveau de la concentration en cuivre des animaux. Le TBT agirait donc au niveau de l'activité respiratoire Ceci avait déjà été observé par Héral et al (1983) qui avaient montré une diminution de l'activité respiratoire chez les huîtres contaminées par du fluorure de TBT ainsi que par du métacrylate

de TBT.

Pour le zinc, il semble que le TBTO agisse surtout aux fortes concentrations. A 5 µg/l le TBTO a néanmoins une légère action dépressive sur les concentrations en zinc de l'huître.

Aux teneurs inférieures à 5µg/l, le TBTO ne semble pas perturber la réaction d'hydratation du gaz carbonique. L'action toxique du TBT se situerait donc à un autre niveau physiologique. Des études biochimiques sont nécessaires pour essayer d'identifier le processus d'action des organostanniques sur les mécanismes de la calcification de l'huître *Crassostrea gigas*.

Ce travail a été réalisé avec l'aide financière de la Société Nationale ELF AQUITAINE - Contrat n° 5161.

BIBLIOGRAPHIE.

ALDRIDGE, W.N. and STREET, B.W., 1964. Oxidative phosphorylation biochemical effects and properties of trialkyltins. *Biochem. J.* 91 : 287-297

ALZIEU, C., HERAL, M., THIBAUD, Y., DARDIGNAC, M.J., FEUILLET, M., 1982. Influence des peintures antisalissures à base d'organostanniques sur a calcification de la coquille de l'huître *Crassostrea gigas*. *Rev. des Trav. ISTPM.* 45 (2) : 101-116

F.A.O., 1975. Manual of Methods in Aquatic Environment Research. Part. 1 : Méthods of detection Measurement and Monitoring of Water Pollution. F.A.O. *Fisheries Technical Paper* N° 137.

GANDJAR, I.G., 1984. Mise au point et application du dosage de l'étain dans l'environnement par spectrométrie d'absorption atomique avec génération et décomposition d'hydrures *Thèse de Doct. 3ème Cycle. Académie de Bordeaux.* 117 p.

GENDRON, F., 1985. Recherche sur la toxicité des peintures antisalissures à base d'organostanniques et de l'oxyde de tributylétain vis à vis de l'huître *Crassostrea gigas*. *Thèse de Doctorat en Sciences Univ. d'Aix-Marseille III.*

HERAL, M., RAZET, D., et GARNIER, J. , 1981. Répartition géographique des malformations de la coquille de l'huître *Crassostrea gigas* à proximité du port de Boyardville. *Rapport ISTPM Nov. 1981.* 6 p.

HERAL, M., ALZIEU, C., CAUX, O., RAZET, D., et GARNIER, J., 1983. Effets des sels organiques de tributylétain sur l'huître adulte *Crassostrea gigas. 18 th. European Marine Biology Symposium Oslo. Août 1983.*13 p.

HIS, E. et ROBERT, R., 1981. Les causes de mortalités larvaires de *Crassostrea gigas* dans le bassin d'Arcachon. *Rapport ISTPM Sept.* : 31 pages + annexes.

M. & T., 1977. Trace tin in water and sea water (TBTF or TBTO) by AAS-graphite furnace.

PINEL, R., GANDJAR, I.G., BENABDALLAH, M., , ASTRUC, A., et ASTRUC, M., 1974. Dosage de l'étain minéral et organique en traces dans les eaux par spectrométrie d'absorption atomique avec génération-décomposition d'hydrures. *Analusis*, 1984, 12 (8) : 404-408.

WALDOCK, J.M., 1985. Leachate rates from two antifouling coatings. *Comm. Pers.*

******

Haliotis, 15, 1986
p. 335 à 344

CONTRIBUTION DES MOLLUSQUES A LA RECOLONISATION D'UN SEDIMENT POLLUE MIS EN ENCEINTES EXPERIMENTALES EN MEDITERRANEE (TOULON, FRANCE).

par

DIAZ-CASTANEDA Victoria et SAFRAN Patrick

Station Marine - B.P. 41 - F - 62930 WIMEREUX
et Laboratoire d'Ecologie Numérique, Université de LILLE I,
F - 59655 VILLENEUVE D'ASCQ - Cedex.

ABSTRACT

Contribution of Mollusca to recolonization of a polluted sediment placed in experimental boxes in the Mediterranean (Toulon, France).

This study shows the process of colonization of a defaunated substrate by a SVMC ("muddy sand in a sheltered area") population and the influence of pollution. 24 experimental boxes were placed at a depth of 5 m in the Bay of Lazaret (Toulon, France) for up to 12 months (March 1982 to March 1983). Two boxes ware removed each month for examination : one for chemical analysis (NH_4^+, NO_2^-, PO_4^{---}, OPO_4^{---}, Pb, Cu, Cd, Zn), and the other for faunistical analysis. Sediments from the surrounding area were also sampled with an "Orange-Peel" grab for population reference.

Adult crustaceans were the first colonizers and they remained dominant for the first three months. After four months, polychaetes were the dominant group. Finally in the fifth month (July) molluscs appeared; the species which occured were *Abra alba, Corbula gibba, Venerupis aurea,* and *Cardium exiguum*. Recolonization takes place essentialy from the larvae of species "in situ" whose abundance is conditioned by environmental factors.

The structure and degree of organization of the populations were followed by means of rank-frequency diagrams. They showed that the composition of the experimental populations closely resembled the natural population. After one year, there was almost the same diversity and list of species but the organization (i.e. relative proportions of the species) appeared to be different.

RESUME

Ce travail concerne l'étude de la colonisation benthique de sédiments mis en enceintes expérimentales, en fonction de la dynamique des polluants : NH_4^+, NO_2^-, PO_4^{---}, OPO_4^{---}, Pb, Cu, Cd, Zn, le long d'un cycle annuel : mars 1982 - mars 1983.

Les enceintes étaient placées à - 5 m dans la Baie du Lazaret (Rade de Toulon); on a prélevé chaque mois 2 enceintes expérimentales ainsi que des échantillons de sédiment avoisinant à l'aide de la benne "Orange-Peel" (peuplement de référence).

La colonisation s'est effectuée en premier lieu, par des crustacés adultes durant les trois premiers mois; les Annélides Polychètes n'apparaissent qu'à partir du quatrième mois. Le dernier groupe à coloniser les enceintes expérimentales est représenté par les Mollusques, avec pour espèces dominantes : *Abra alba, Corbula gibba, Venerupis aurea, Cardium exiguum* : ce, à partir du cinquième mois. La recolonisation s'opère globalement à partir des larves d'espèces présentes "in situ", dont l'abondance est conditionnée par les facteurs du milieu. La structure et le degré d'organisation des peuplements ont été appréciés à l'aide de diagrammes rang-fréquence, qui montrent une évolution du peuplement expérimental vers un état final proche du peuplement naturel. Après un an, la diversité et les listes d'espèces sont presque les mêmes, cependant, l'organisation semble être différente.

INTRODUCTION : BUT DE L'ETUDE

Ce travail fait partie d'une étude effectuée à la Station Marine d'Endoume, concernant l'action des facteurs de pollution et des aménagements sur les écosystèmes benthiques littoraux.

Nous nous sommes proposé d'étudier pendant un an la recolonisation en milieu transplanté, de sédiments provenant de l'étang de Berre, défaunés par la pollution et l'anoxie.

L'étang de Berre est un écosystème globalement perturbé par de nombreuses activités humaines : aménagements, rejets d'industries. Il reçoit les eaux de la Durance, qui ont entraîné une dégradation marquée du milieu et particulièrement des peuplements benthiques, qui sont aujourd'hui appauvris.

L'expérience a consisté à prélever des échantillons de sédiment dans une zone anoxique de l'étang, et à les transplanter dans la baie du Lazaret, baie peu polluée des environs de Toulon, dans des modules expérimentaux (bacs d'environ 1/8 m² de surface), où ont été ensuite suivis d'une part le repeuplement par les espèces macrobenthiques, d'autre part l'évolution des polluants.

La baie du Lazaret a été choisie car elle abrite le même type de peuplement que celui des sédiments prélevés, à savoir le peuplement des "Sables Vaseux de Mode Calme" (SVMC) (PERES & PICARD, 1964). Des différences existent cependant (outre la pollution, quasi-absente dans le second site) entre les deux biotopes : la salinité est plus élevée en baie du Lazaret, qui ne reçoit pas de rivière importante, et l'eau y est plus oxygénée : la granulométrie est également différente (tabl. 1).

Tableau 1 - Classes granulométriques (%) des sédiments de l'étang de Berre et de la baie du Lazaret.

Classes	Berre	Lazaret
> 2 mm	3,1	27,8
63 µm à 2 mm	21,5	36,5
< 63 µm	75,4	35,7

MATERIEL ET METHODES

Le sédiment de l'étang de Berre a été prélevé avec une benne "Orange-Peel" sur une surface de 0.12 m² (échantillon de sédiment de 5 dm³), à une profondeur de 6 m environ. Il a été ensuite déposé dans 24 "modules", récipients de polyéthylène de 26 x 26 cm et 11 cm de hauteur, choisis en fonction de leur maniabilité en plongée. Chaque module est rempli sur 8 cm de hauteur et contient ainsi environ 5,2 dm³ de sédiment pollué. Les modules sont ensuite déposés en plongée par 5 m de fond et fixés dans la baie du Lazaret, en une seule fois le 8 mars 1982.

Par la suite, deux modules sont récupérés chaque mois pendant une année complète (jusqu'au 11 mars 1983) aux fins d'analyses faunistiques et chimiques. Un des modules sert au dosage des polluants dans l'eau interstitielle du sédiment* : Pb, Cu, Cd, Zn, nitrites, azote ammoniacal, orthophosphates, phosphates hydrolysables; le pH et le rH sont également mesurés. Le second module est consacré à l'analyse faunistique : le macrobenthos est seul examiné après avoir été sélectionné par passage sur un tamis de 1 mm de diagonale de maille.

---

* Ces analyses ont été effectuées à la Faculté de Pharmacie de Marseille par les services du Prof. ARNOUX (Laboratoire d'Hydrologie et de Molymoslogie aquatique).

Afin de comparer l'évolution dans les modules expérimentaux et celle du benthos naturel présent en baie du Lazaret, nous avons effectué lors de chaque sortie de récupération des modules, un échantillonnage de 10 litres de sédiment à la benne "Orange Peel" au voisinage du point d'ancrage des modules, et analysé également le macrobenthos de ces échantillons. Les dates de prélèvement sont précisées par le tableau 2 :

Tableau 2 : Dates des prélèvements.

N° Prélèvement	Date	
1	2.03.82	Benne
	8.03.82	Pose des modules
2	1.04.82	2 Modules + benne
3	3.05.82	" "
4	1.06.82	" "
5	28.06.82	" "
6	30.07.82	" "
7	8.09.82	" "
8	12.10.82	" "
9	15.11.82	" "
10	22.12.82	" "
11	24.01.83	" "
12	11.03.83	" "

Le travail complet portait sur la totalité de la faune endobenthique, constituée essentiellement d'Annélides Polychètes (39 espèces dans les modules, 59 dans le milieu naturel environnant), de Crustacés (30 et 32) et de Mollusques (9 et 15). L'ensemble des résultats a fait l'objet d'une thèse de troisème cycle en Océanologie de l'Université d'Aix-Marseille II (DIAZ-CASTANEDA, 1984). Les calculs avaient été réalisés au Laboratoire d'Ecologie Numérique de l'Université de Lille I. Nous ne présentons ici, que les résultats concernant les Mollusques.

Analyse des données :

Des analyses multivariables ont été appliquées à l'ensemble des espèces et aux groupes abondants, mais ne peuvent pas l'être aux Mollusques en raison du nombre insuffisant d'espèces et d'individus. Néanmoins nous avons pu suivre :

- les variations d'abondance de chaque espèce mois par mois, tant dans les modules que dans le milieu naturel environnant,
- les variations de la richesse spécifique,
- les variations de coefficients d'affinité entre milieu expérimental et milieu naturel, calculés à chaque date de prélèvement (indices de similitude de Sanders, de Sorensen et d' Ochiai : voir par exemple LEGENDRE & LEGENDRE, 1984).
- l'évolution des Diagrammes Rangs-Fréquences (DRF) décrivant l'allure de la diversité spécifique (FRONTIER, 1976, 1977, 1985) : espèces rangées par ordre d'abondance décroissante; log du rang en abscisses; log de l'abondance ou de la fréquence en ordonnées.

TABLEAU 3 : PEUPLEMENTS DU MILIEU NATUREL (BAIE DU LAZARET - BENNE) ET DES MODULES EXPERIMENTAUX (SEDIMENT DE L'ETANG DE BERRE)

Dans chaque colonne, le 1er chiffre est le nombre d'individus et le second la dominance (%) par rapport à l'ensemble des Mollusques.

MILIEU NATUREL N° D'ECHANTILLON DATE	B 1 2/3/85	B 2 1/4/82	B 3 3/5/82	B 4 1/6/82	B 5 28/6/82	B 6 30/7/82	B 7 8/9/82	B 8 12/10/82	B 9 15/11/82	B 10 22/12/82	B 11 24/1/83	B 12 11/3/83
Modiolus sp.	1 2,13		1 0,73	1 1,89	2 2,44							
Loripes lacteus			1 0,73					2 14,29				
Mysella bidentata			9 6,57	3 5,66	2 2,44		3 20,00					1 9,09
Cardium exiguum	2 4,26	3 6,12	8 5,84		1 1,22	1 4,35	2 13,33	2 14,29			1 12,50	
Gouldia minima					1 1,22				1 5,00			
Venus verrucosa	3 6,38	1 2,04	1 0,73		1 1,22	2 8,70	1 6,67	1 7,24			1 12,50	
Venerupis aurea	2 4,26	2 4,08	15 10,95	3 5,66	37 45,12	2 8,70			3 15,00			1 9,09
Abra alba	36 76,60	32 65,31	71 51,82	37 69,81	23 28,05	10 43,48	9 60,00	7 50,00	4 20,00	1 50,00	3 37,50	6 54,55
Corbula gibba	2 4,26	9 18,37	30 21,90	9 16,98	8 9,76	7 30,43		2 14,29	11 55,00	1 50,00	2 25,00	2 18,18
Notirus irus			1 0,73		1 1,22							
Cerithium vulgatum					2 2,44	1 4,35						
Calyptrea sinensis		1 2,04										
Haliotidae ind.												1 9,09
Chiton indet.	1 2,13	1 2,04			4 4,88				1 5,00		1 12,50	
TOTAL	47 100	49 100	137 100	53 100	82 100	23 100	15 100	14 100	20 100	2 100	8 100	11 100
Nb d'espèces	7	7	9	5	11	6	4	5	5	2	5	5

MILIEU EXPERIMENTAL N° D'ECHANTILLON DATE	E 1 2/3/85	E 2 1/4/82	E 3 3/5/82	E 4 1/6/82	E 5 28/6/82	E 6 30/7/82	E 7 8/9/82	E 8 12/10/82	E 9 15/11/82	E 10 22/12/82	E 11 24/1/83	E 12 11/3/83
Mysella bidentata												2 1,17
A. paucicostata										1 1,96		1 0,58
Cardium exiguum						2 16,67				8 15,69	9 9,68	6 4,68
Gouldia minima											1 1,08	
Venerupis aurea						4 33,33		2 18,18		11 21,57	13 13,98	23 13,45
Tellina serrata										1 1,96		
Abra alba					3 75,00	2 16,67	8 100,00	6 54,55	15 100,00	22 43,14	40 43,01	71 41,52
Corbula gibba					1 25,00	3 25,00		3 27,27		7 13,73	30 32,26	66 38,60
Chiton indet.						1 8,33				1 1,96		
TOTAL					4 100	12 100	8 100	11 100	15 100	51 100	93 100	171 100
Nb d'espèces					2	5	1	3	1	7	5	6

RESULTATS

1. Importance quantitative des Mollusques dans le peuplement général.

La description détaillée du peuplement, tous groupes inclus, est donnée par DIAZ - CASTANEDA (1984). La figure 1 représente la proportion des principaux groupes taxonomiques dans le milieu naturel et dans le milieu expérimental. On voit que les Crustacés ont été les premiers à coloniser le milieu expérimental. Les Mollusques ont été les derniers, n'apparaissant dans les modules qu'à partir de fin juin et en très petite quantité, avec les Lamellibranches *Abra alba* et *Corbula gibba*. Au contraire, dans le milieu naturel, les mollusques constituent une part importante du peuplement entre mars et fin juin, puis se raréfient considérablement.

On constate donc, dès ce stade de l'analyse, une évolution différente entre les modules et le sédiment libre. Ceci est confirmé par la fig. 2 b qui représente les variations de l'effectif total des Mollusques dans les deux milieux (abondances portées en métrique log² : FRONTIER, 1973). L'abondance dans le milieu naturel passe par un maximum en mai, puis diminue considérablement jusqu'en décembre (à des irrégularités près dont on ne peut pas dire si elles représentent des fluctuations d'abondance dans le temps ou sont un effet de l'hétérogénéité spatiale et des hasards de l'échantillonnage). L'évolution du milieu expérimental est bien différente, puisque l'abondance des Mollusques augmente de fin juin (époque où ils apparaissent) à fin juillet, reste stable jusqu'en novembre, puis augmente très rapidement pour atteindre en janvier-février 1983 des densités comparables à celles observées dans le milieu naturel en mai-juin.

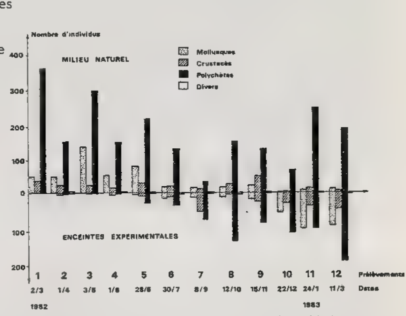


Fig. 1. Evolution annuelle de l'effectif des principaux groupes zoologiques.

2. Composition du peuplement malacologique.

La liste des espèces, leur abondance et leur dominance calculée par rapport à l'ensemble des Mollusques, sont données dans le tableau 3.

2.1. Peuplement du milieu naturel.

La faune observée est constituée par les espèces les plus couramment présentes dans les biocoenoses des SVMC. On trouve ainsi en position dominante *Corbula gibba*, *Abra alba* et *Venerupis aurea* et en position subdominante bien représentée *Cardium exiguum*, *Venus verrucosa* et *Mysella bidentata*.

2.2. Peuplement du milieu expérimental.

Aucune espèce n'est présente au départ dans le sédiment prélevé dans l'étang de Berre, en raison sans doute du déficit quasi-permanent en oxygène. Par la suite le peuplement colonisateur peut être comparé à la biocoenose SVMC, avec en position dominante *Abra alba* et *Venerupsis aurea* associées à *Corbula gibba* et *Cardium exiguum* subdominantes.

2.3. Diversité spécifique.

Le calcul de l'indice de diversité de Shannon donne des résultats erratiques et peu fiables en raison du nombre réduit d'individus et d'espèces ; il est préférable de ne pas l'utiliser (FRONTIER, 1983). Nous avons suivi l'évolution de la diversité dans les deux milieux au moyen du simple nombre d'espèces, dont les variations sont représentées à la figure 2 a. L'évolution observée a des traits communs avec celle des abondances d'individus : le milieu naturel montre une valeur maximale en période printanière (5 à 11 espèces), puis une diminution jusqu'à ne contenir que 2 espèces en décembre, suivie d'une légère remontée (5 espèces). Le milieu expérimental, quant à lui, ne contient que deux espèces fin juin, puis il s'enrichit en Mollusques pour atteindre 5 ou 7 espèces le dernier trimestre de l'expérience. Les espèces principales sont alors les mêmes que dans le milieu naturel à son maximum de richesse spécifique, avec en plus *Cardium exiguum* qui y était peu représentée.

4 - ANALYSE DES DONNEES ET DISCUSSION

1. Interprétation dynamique des variations de peuplement.

L'appauvrissement constaté dans le milieu naturel à partir de juillet 1982 ne semble pas être lié à la période estivale car il persiste pendant l'automne et l'hiver suivants. L'accroissement régulier et intense, tant du nombre d'espèces que du nombre d'individus, dans les modules expérimentaux à partir de fin juin paraît en contradiction avec l'évolution du milieu naturel. L'évolution des modules semble loin de refléter celle du sédiment libre environnant.

On peut en revanche rapprocher cet enrichissement en espèces et individus des modules, de l'évolution du contenu en polluants des mêmes modules, particulièrement du contenu en azote ammoniacal et en orthophosphates. Les fig. 2 c et d représentent l'évolution de ces deux produits, qui sont éliminés de l'eau interstitielle du sédiment. Des observations analogues sont faites pour le Zn et le Cu (DIAZ-CASTANEDA, 1984). Le démarrage des Mollusques dans les modules coïncide avec des taux de l'ordre de 150 µat.g/l d'azote ammoniacal et 10 µat.g/l d'orthophosphates, teneurs voisines

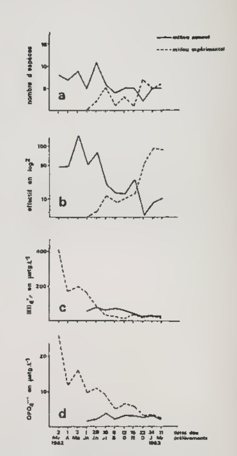


Fig. 2. Evolution annuelle dans les milieu naturel(Berre) et expérimental (modules) de la richesse spécifique (a), de l'effectif(b), de l'azote ammoniacal(c) et des orthophosphates(d).

de celles du milieu naturel à cette même date.

Les espèces apparaissant dans les modules fin juin sont *Abra alba* et *Corbula gibba*, connues pour leur fécondité élevée, qui est certainement à l'origine de leur présence constante.

Au total, le processus de recolonisation du sédiment initialement défauné semble se décomposer en trois phases :

- phase 1 : on n'observe aucune colonisation par des Mollusques; ces derniers sont probablement inhibés par les fortes teneurs en polluants.

- phase 2 : approche de l'équilibre entre les teneurs en polluants des modules et du milieu environnant, et démarrage des populations de Mollusques, jusqu'à une densité restant stable jusqu'en novembre.

- phase 3 : colonisation rapide par un nouveau recrutement de Mollusques, coïncidant avec une nouvelle diminution des polluants, aussi bien dans le milieu naturel que dans les modules: une décharge des polluants des sédiments dans l'eau libre se produirait à cette époque, pour une raison inconnue. On pourrait aussi évoquer la préparation du sédiment par des populations bactériennes et microalgales (WILSON, 1955; SCHELTEMA, 1961; KISELEVA, 1967, in ; GRAY, 1974).

Il faut ajouter que le sédiment défauné extrait de l'étang de Berre est probablement peu attractif dans les semaines qui suivent sa mise en place dans le site expérimental, d'une part en raison du taux encore important de divers polluants chimiques, d'autre part en raison de la grande quantité de matière organique réductrice contenue dans ce sédiment et provenant de la mort des organismes existant antérieurement. Ces diverses causes peuvent expliquer le retard de la colonisation par les Mollusques.

2. Comparaison statistique des peuplements du milieu naturel et du milieu expérimental.

Dès que les espèces colonisatrices apparaissent dans les modules, on peut constater une affinité marquée (mesurée par les indices de similarité d'Ochiai, de Sanders et de Sorensen) entre les deux peuplements comparés. La figure 3 montre que les indices d'Ochiai et de Sorensen sont maximaux en juillet tandis que celui de Sanders présente un premier maximum en octobre (environ 70 % d'affinité) suivi par un minimum prononcé en novembre (associé à un minimum moins prononcé des deux autres indices). Ce minimum pour les trois indices correspond à une tempête ayant lieu du 6 au 8 novembre 1982 et qui a fortement perturbé les peuplements, probablement surtout en destructurant les jeunes peuplements en cours d'installation.

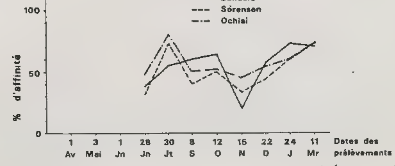


Fig. 3. Evolution annuelle des coefficients d'affinité des mollusques.

Les valeurs des trois indices remontent ensuite progressivement, pour atteindre un maximum à la fin de la période d'expérimentation (72 % d'affinité).

Il semble donc qu'en dépit des variations quantitatives opposées dans les deux milieux (cf. Fig. 2 b), l'étude des similarités des compositions faunistiques mette en évidence une ressemblance générale entre les deux peuplements pendant une bonne partie de l'année. Toutefois une classification hiérarchique fondée sur l'indice d'Ochiai et obtenue par groupement à liens flexibles, non reproduite ici, a clairement mis en évidence une différence entre le peuplement des modules et celui du milieu environnant. Il y a donc bien individualisation d'un peuplement des modules, quantitativement différent du peuplement libre environnant à partir duquel il s'est reconstitué. Les deux milieux ne sont pas équivalents, non seulement en raison de particularités physiques signalées (pollution , granulométrie) mais aussi en raison du caractère confiné du milieu représenté par les modules, et de la présence de parois. Ces dernières peuvent agir d'une part en favorisant certains peuplements bactériens ou algaux modifiant les conditions d'installation de l'endobenthos, comme cela a été démontré souvent (ARNTZ et RUMOHR, 1978, 1982; RICHTER et SARNTHEIN, 1977; GRAY, 1974), d'autre part en empêchant des échanges latéraux de faune. En effet, on peut supposer qu'il existe un recrutement à partir des larves méroplanctoniques et plus encore à partir d'organismes adultes qui, trouvant des conditions favorables à leur développement, s'installent dans les modules. PEARSON et ROSENBERG (1978) affirment que dans les étapes initiales de colonisation d'une zone dépeuplée, la migration des adultes d'espèces relativement mobiles joue un rôle plus important dans la structure d'une communauté que le recrutement larvaire.

3. Diagrammes rangs-fréquences (DRF)

L'évolution des peuplements a été suivie par les DRF, qui semblent apporter le maximum d'information sur la diversité de chaque échantillon. Les diagrammes, établis pour chaque échantillon et superposés pour chacun des deux milieux (Fig. 4 a et b) montrent pour le milieu naturel une allure assez peu variable, à l'exception de celui du 3 mars 1982 (première récolte en milieu naturel, avant la pose des modules) qui évoque un peuplement juvénile, comprenant 77 % d'*Abra alba*.

Les diagrammes établis à partir des modules montrent une évolution plus marquée et une allure plus verticale (diversité plus faible). Au tout début de la recolonisation, le peuplement est pauvre et ne donne pas lieu à des DRF réguliers. Au fur et à mesure que de nouvelles espèces apparaissent (en particulier au cours

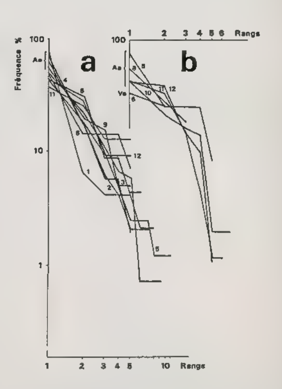


Fig. 4. Diagrammes Rang-Fréquence (tous prélèvements superposés) du peuplement du milieu naturel, étudié à la benne (a) et du peuplement du milieu expérimental étudié par modules (b).

du dernier trimestre de l'expérimentation), on atteint des allures plus cohérentes.

L'étude démontre un tendance du peuplement des modules vers l'acquisition d'une diversité spécifique semblable à celle du milieu naturel : même liste d'espèces et DRF d'allures semblables Cependant les peuplements finaux ne sont pas identiques : l'ordre des espèces dans les DRF n'est pas le même. Bien que le peuplement des modules se soit rigoureusement reconstitué à partir de la faune environnante, ce ne sont pas exactement les mêmes espèces qui jouent les mêmes rôles dans la structure de la communauté finale. En tant que procédé expérimental, l'utilisation des modules a introduit un élément supplémentaire qui intervient dans la forme de recolonisation du sédiment défauné.

Sur le plan bionomique, cette étude montre que pour le peuplement SVMC, le processus de recolonisation s'opère globalement à partir d'espèces présentes dans le milieu naturel dont l'abondance est conditionnée par les facteurs du milieu. La nature chimique du sédiment intervient essentiellement dans le laps de temps nécessaire à la colonisation.

En conclusion, on constate qu'un sédiment pollué transplanté dans une zone moins polluée (ici la baie du Lazaret) permet, après une phase de relargage de polluants et de stabilisation, la recolonisation benthique et en particulier le développement d'une faune malacologique.

BIBLIOGRAPHIE.

ARNTZ, W.E. et RUMOHR, H.,1978 - The benthos garten ; Field experiments on benthic colonization on the western Baltic. II. Subsequent successional stages. *Kieler Meeresforsch ,Sonderh.* 4 : 97 p.

ARNTZ, W.E. et RUMOHR, H., 1982 - An experimental study of macrobenthic colonization and succession and the importance of seasonal variation in temperate latitudes. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 64 (1) : 17-45.

BHAUD, M. et al., 1981 - Recrutement du substrat en larves d'Invertébrés. Rôle de l'hydrodynamisme. *Oceanis.* Paris. 7. (1) : 97-113.

DESBRUYERES, D., BERVAS, J.Y., KHRIPOUNOFF, A. 1980 - Un cas de colonisation rapide d'un sédiment profond. *Oceanol. Acta.* Paris :, 3: 285-291

DIAZ-CASTANEDA, V., 1984 - Etude de la colonisation benthique de sédiments mis en enceintes expérimentales dans la baie du Lazaret (Toulon, France). Thèse Doct. 3ème Cycle Oceanol., Univ. d'Aix-Marseille II: 231 p.

FRONTIER. S., 1973 - Etude statistique de la dispersion du zooplancton. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 12: 229-262.

FRONTIER, S., 1976 - Utilisation des Diagrammes Rangs-Fréquences dans l'analyse des Ecosystèmes. *J. Rech. océanogr.*, 1 (3) : 35-48.

FRONTIER, S., 1977 - Réflexions pour une théorie des Ecosystèmes. *Bull. Ecol.*, 8 (4) : 445-464

FRONTIER,S.et al., 1983 - *Stratégies d'échantillonnage en Ecologie.* Paris., Masson, 494 p.

FRONTIER, S., 1985 - Diversity and the structure in aquatic ecosystems. *Oceanogr. mar. Biol. ann. Rev.*, 23 : 225 - 312.

GRAY, J.S., 1974 - Animal-sediment relationships. *Oceanogr. mar. Biol. ann. Rev.*, 12: pp. 223-262.

GUERIN, J.P. et MASSE, H., 1976 - Etude expérimentale sur le recrutement des espèces de la macrofaune benthique des susbtrats meubles. 1. Méthodologie. Données qualitatives et quantitatives. *Téthys.* Marseille, 8 (2) : 151-168.

LEGENDRE, L. et LEGENDRE, P., 1984 - *Ecologie numérique. 1. Le traitement multiple des données écologiques.* Paris Masson (Collection d'Ecologie, 12) et Presses Univ. Quebec 197 p.

PEARSON, T. H. et ROSENBERG, R., 1978 - Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. mar. Biol. ann. Rev.*; 16: 229-311.

PERES, J.M. et PICARD, J., 1964 - Nouveau manuel de Bionomie Benthique de la mer Méditerranée Rec. Trav. Sta. mar. Endoume. 47 (Bull. 31): 1-137.

RICHTER, W. et SARNTHEIN, M., 1977 - Molluscan colonization of different sediments on submerged platforms in the Western Baltic sea. *In* : Keegan B.F., O'Ceidigh P. et Boaden P. J.S., ed. Biology of benthic organisms.Pergamon Press : I-XXXIII, 1-603.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 345 à 353

DONNEES EXPERIMENTALES ET *IN SITU* (GOURY, NORD COTENTIN, FRANCE) SUR LA CONCENTRATION ET LA DISTRIBUTION DE L'AMERICIUM (^{241} Am) DANS LES TISSUS DE LA COQUILLE St-JACQUES, *PECTEN MAXIMUS* (L.).

par

Pierre MIRAMAND* et Pierre GERMAIN
Commissariat à l'Energie Atomique, I.P.S.N., D.E.R.S.,
S.E.R.E., Laboratoire de Radio-Ecologie Marine, B.P. 270,
F. 50107 CHERBOURG Cedex, FRANCE
* Adresse actuelle : Institut National des Techniques de la Mer,
Conservatoire National des Arts et Métiers, B.P. 262,
F - 50107 CHERBOURG Cedex, France.

ABSTRACT.

The concentration and the distribution of americium in the tissues (shell, palial fluid, flesh, visceral mass, muscles, gonad, mantle, gills, kidney) of scallop *Pecten maximus* were studied both experientally and *in situ*. The uptake of ^{241} Am from sea water were followed during 38d. in experimentation. After this period, none of the tissues have reached isotopic equilibrium with the americium in sea water. The concentration factors have varied from 13 (muscles) to 1450 (visceral mass). From 40 to 60 % of americium were associated with the shells, from 30 to 50 % with the visceral mass (compared with the soft parts only, from 70 to 80 % of this element were associated with the visceral mass). Scallops collected at Goury (Nord-Cotentin) during the year 1980 showed concentration factors from 16 (mantle) to 2900 (visceral mass). More than 80 % of the total ^{241}Am accumulated was fixed to shell and from 4 to 6 % to visceral mass only. Nevertheless, compared with the soft parts only, from 40 to 70 % of ^{241}Am were fixed to visceral mass. Experimental results and *in situ* analyses (concentration factors and tissue distribution) have been compared and discussed.

INTRODUCTION.

Depuis près de 20 ans (Ward, 1966), de nombreuses études sur le devenir biologique en milieu marin des éléments transuraniens, redionucléides de radiotoxicité élevée et souvent de longue période, ont été entreprises. Dans cette optique, deux approches ont été utilisées les études expérimentales menées au laboratoire et les mesures collectées *in situ* (voir les synthèses bibliographiques réalisées par Beasley et Cross, 1980 et Guary, 1980). Dans ce travail, il nous a semblé intéressant d'associer les deux types de techniques d'études afin d'en comparer les résultats. Pour ce faire, nous avons étudié la concentration et la distribution de l'americium-241 dans les tissus de coquilles St-Jacques *Pecten maximus* ; d'une part marquées au laboratoire à partir de l'eau de mer, d'autre part prélevées à Goury (Nord Cotentin) à proximité d'un point de rejet des effluents radioactifs de l'usine de retraitement des combustibles irradiés de la Hague qui contiennent effectivement du ^{241} Am (Germain et Miramand, 1984). Notre choix s'est porté sur ce mollusque bivalve, qui malgré une consommation relativement importante n'avait pas encore été l'objet à ce jour d'études expérimentales concernant une éventuelle accumulation dans ses tissus d'éléments transuraniens. Parmi ceux-ci, nous avons étudié le ^{241}Am car il est effectivement rencontré dans le milieu marin (voir par exemple le travail de Ballestra, 1980) et est d'utilisation expérimentale relativement aisée grâce à sa raie gamma 60 Kev.

MATERIELS ET METHODES.

Expériences en laboratoire

36 coquilles St-Jacques d'un poids moyen d'environ 110 g ont été placées à raison de 12 par bacs dans des aquariums de plastique remplis de 20 litres d'eau de mer filtrée (0,45 µm) (T - 14° ± 1°C). Le ^{241}Am a ensuite été rajouté à raison de 1667 mBq ml^{-1} (45 pCi ml^{-1}).

Toutes les 48 heures, l'eau de mer a été changée par de l'eau de même qualité contenant la même concentration d'americium. A chaque changement d'eau, des aliquotes de la solution fraîche et de la précédente ont été prélevés et le niveau d'americium mesuré. Régulièrement, 4 individus ont été prélevés, pesés, rincés, leurs tissus disséqués (coquille, liquide intravalvaire, manteau, branchies, muscles, masse viscérale, gonade et rein) et le ^{241}Am analysé. Les techniques de comptage utilisées ont été décrites précédemment (Miramand *et al.*, 1982). La raie gamma (60 Kev) du ^{241}Am a été mesurée avec un rendement de 25 % à l'aide d'un spectomètre gamma couplé à un cristal NaÏ (tl).

Les résultats ont été exprimés sous forme de facteur de concentration (F.C.) défini comme le rapport : coups par minute (cpm) g^{-1} tissus frais/coups par minute (cpm) ml^{-1} eau de mer.

Mesures du ^{241}Am *in situ*

94 coquilles St-Jacques d'un poids moyen d'environ 200 g ont été collectées durant l'année 1980 à Goury (Nord Cotentin) à proximité du point de rejet de l'usine de retraitement des combustibles irradiés de la Hague (Fig. 1). Les mollusques ont été immédiatement disséqués après la pêche. Les tissus soigneusement rincés pour éliminer le sable ont été regroupés, pesés

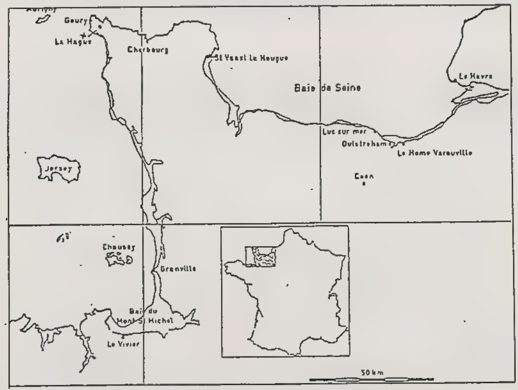


Fig. 1 - Situation géographique du site de prélèvement

et séchés à l'étuve à 90°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant puis broyés. Après introduction de traceurs internes, les transuraniens ont été séparés et extraits sur des aliquotes d'échantillons d'après les procédés radiochimiques décrits par Grenaut *et al.*, 1983. Les deux fractions obtenues ont été électro-déposées sur des disques en acier inoxydable, selon la méthode de Talvitie, 1972. Les mesures ont été réalisées par spectrométrie α en utilisant des détecteurs à barrière de surface ORTEC (300 mm²) couplés à un analyseur CANBERRA S 80. Les échantillons ont été comptés jusqu'à l'obtention d'une valeur statistiquement convenable. Les résultats sont exprimés avec un intervalle de confiance de 95 % (2 σ).

RESULTATS

Expériences en laboratoire

Les cinétiques d'accumulation du ^{241}Am par les différents tissus des coquilles St-Jacques sont portées sur les figures 2, 3 et 4. Pour tous les tissus analysés (coquille, liquide intravalvaire, chair globale, masse viscérale, muscles, gonade, manteau, branchies et reins), l'accumulation de l'americium se poursuit régulièrement pendant l'expérience, de telle sorte qu'après plus de 5 semaines de marquage, l'équilibre avec l'americium contenu dans l'eau de mer n'est pas atteint. Le facteur de concentration est d'environ 80 pour les animaux entiers (Fig. 2).Les chairs globales présentent un facteur de concentration (≃ 140) plus élevé que celui des coquilles (≃65) (Fig.2). Parmi les tissus, les masses viscérales accumulent très fortement le ^{241}Am contenu dans l'eau de mer, atteignant des facteurs de concentration de plus de 1400 à la fin de l'expérience (Fig. 3). Les autres tissus considérés , reins, gonade, muscles, manteau, branchies, montrent des capacités moindres à accumuler ce radionucléide, les facteurs de concentration restant toujours inférieurs à 250 (Fig. 4)

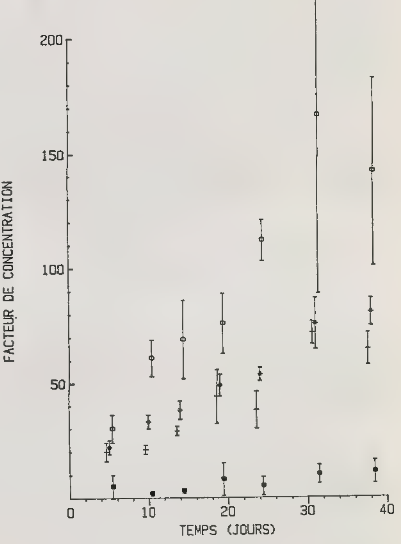


Fig. 2. Accumulation du ^{241}Am à partir de l'eau de mer chez la coquille St-Jacques *Pecten maximus* T = 14° ± 1°C.(o) chair,(*) entière (+) coquille, (●) liquide intravalvaire, X ± SD.n = 4 par groupes.

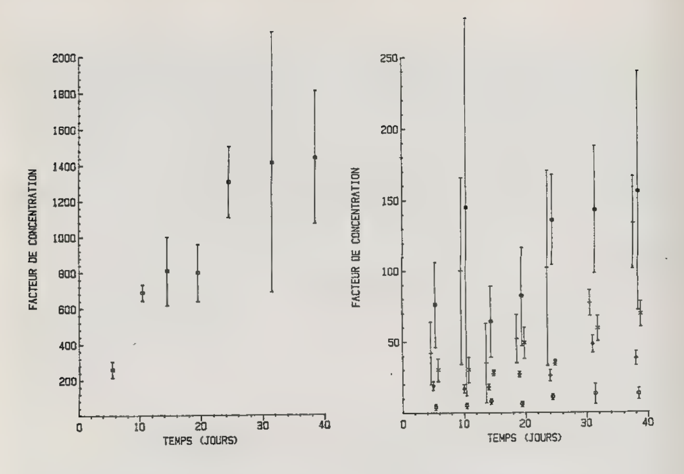


Fig. 3. Accumulation du ^{241}Am à partir de l'eau de mer chez la coquille St-Jacques *Pecten maximus* T = 14° ± 1° C (o) Masses viscérales. X ± SD. n = 4 par groupe.

Fig. 4 - Accumulation du ^{241}Am à partir de l'eau de mer chez la coquille St-Jacques *Pecten maximus* T = 14° ± 1°C(●) reins, (+)gonades, (o) muscles, (*) manteau) (x) branchies. X± SD.n=4 par groupe.

Le pourcentage du poids de chaque tissu par rapport au poids total humide de l'animal et la distribution relative du ^{241}Am dans les différents tissus après les 38 jours d'accumulation sont portés sur le tableau 1. L'américium est fixé de façon à peu près égale dans les chairs et les coquilles qui contiennent chacunes, environ 50 % du ^{241}Am total. Dans les chairs, les masses viscérales fixent la plus grande partie de ce radionucléide. Les autres tissus (muscles, gonade, manteau, branchies, reins) qui constituent près de 26 % du poids de l'animal ne renferment que 11 % du ^{241}Am. De ce fait, par rapport aux chairs seules, les masses viscérales qui ne représentent que 7,5 % du poids, contiennent 77 % de cet élément transuranien.

Mesures du ^{241}Am *in situ*

Les concentrations en ^{241}Am observées dans les tissus des coquilles St-Jacques prélevées à Goury sont exprimées en mBq Kg^{-1} frais sur le tableau 2. Dans les masses viscérales de ces mollusques les plus fortes concentrations en americium sont trouvées, environ 1040 mBq Kg^{-1} frais, puis viennent les reins et les coquilles, 481 et 352 mBq Kg^{-1} frais respectivement. Les autres tissus présentent des concentrations en americium plus faibles qui ne dépassent pas 200 mBq Kg^{-1} frais.

	% ^{241}Am par rapport à l'animal entier		% du poids des tissus par rapport à l'animal entier		% ^{241}Am par rapport aux chairs seules		% du poids des tissus par rapport aux chairs seules	
	in situ	Expérimental	in situ	Expérimental	in situ	Expérimental	in situ	Expérimental
Coquille	90 ± 15	51 ± 8	63	63	/	/	/	/
Liquide intravalvaire	0,8 ± 0,1	1,1 ± 0,8	11,8	7,1	/	/	/	/
Chair entière	9 ± 2	49 ± 8	25	30	100	100	100	100
- Masse viscérale	5 ± 1	39 ± 8	1,2	2,1	57 ± 14	77 ± 6	5,1	7,5
- Muscles	1,0 ± 0,6	1,9 ± 0,6	13,3	11,6	11 ± 4	4 ± 2	52,9	41,1
- Gonade	1,4 ± 0,2	0,6 ± 0,1	4,1	0,4	15 ± 5	1,2 ± 0,3	16,3	1,2
- Manteau	0,10 ± 0,03	5 ± 1	4,8	10,7	1,2 ± 0,5	11 ± 4	19,3	37,9
- Branchies	1,1 ± 0,2	2,9 ± 0,4	1,5	3,3	13 ± 3	6 ± 2	5,9	11,6
- Reins	0,20 ± 0,04	0,4 ± 0,3	0,1	0,3	2 ± 1	1,2 ± 0,6	0,5	0,8

Tableau 1 : Distribution relative du ^{241}Am dans les tissus des coquilles St-Jacques *Pecten maximus*. *in situ* : prélevées à Goury durant l'année 1980.
Expérimental : après 38 jours d'accumulation à partir de l'eau de mer. T = 14° ± 1° C

Connaissant pour chaque tissu le pourcentage de poids qu'il représente par rapport au poids total de l'animal, la fraction d'americium contenu dans chaque tissu a pu être calculée (Tabl. 1). Près de 90 % de cet élément transuranien sont fixés sur les coquilles. Par rapport aux chairs seules, 57 % du ^{241}Am sont contenus dans les masses viscérales.

DISCUSSION

Les concentrations en americium mesurées dans des eaux de mer filtrées (0,45µm) prélevées à Goury au cours de l'année 1980 (0,29 ± 0.20 mBq l^{-1}, moyenne de 4 analyses) (Germain et Miramand, 1984) permettent de calculer des facteurs de concentration atteints *in situ* par les coquilles St-Jacques et leurs tissus. Sur le tableau 3 sont portés ces facteurs de concentration ainsi que ceux obtenus expérimentalement après 38 jours d'accumulation à partir de l'eau de mer seule. La comparaison de ces résultats ainsi que ceux concernant la distribution de l'americium dans les tissus (tableau 1) amènent plusieurs remarques :

- les facteurs de concentration calculés pour les tissus des coquilles St-Jacques prélevées à Goury présentent des écarts-types importants. Ceux-ci sont en grande partie dûs à l'incertitude observée sur les résultats de la mesure dans l'eau de mer (fraction soluble). En effet, les techniques d'analyse utilisées pour doser les élémentrs transuraniens dans l'eau de mer sont très lourdes d'emploi, ce qui limite le nombre des mesures effectuées. De plus, les valeurs obtenues peuvent fluctuer en fontion de l'échantillonnage (heures de marée ...) et des rendements d'extraction de l'americium dans l'eau de mer, peut-être liés à la qualité physico-chimique de l'élément (Germain *et al.*, 1983, Grenaut *et al.*, 1983). Néanmoins, ces données sont intéressantes car obtenues dans le milieu lui-même.

- Les facteurs de concentration calculés *in situ* sont supérieurs à ceux obtenus expérimentalement. Ce résultat n'est pas surprenant. Plusieurs phénomènes qui jouent vraisemblablement dans le même sens peuvent expliquer cette différence. La durée de l'expérimentation poursuivie

	Poids sec / Poids frais	^{241}Am
Coquille	0,96	352 ± 59
Chair entière (non reconstituée)	0,15	56 ± 7
Liquide intravalvaire	0,04	18 ± 2
Chair entière (reconstituee)	0,15	85
- Masse viscérale	0,21	1036 ± 74
- Muscles	0,10	19 ± 4
- Gonade	0,20	81 ± 7
- Manteau	0,10	6 ± 2
- Branchies	0,07	181 ± 19
- Reins	0,34	481 ± 74

Tableau 2 : Concentration du ^{241}Am dans les tissus des coquilles St-Jacques *Pecten maximus* prélevées à Goury durant l'année 1980 (mBq kg^{-1} frais ± 2 σ)

	F.C. Expérimental T = 38	F.C. in situ
Coquille	65 ± 7	1200 ± 1030
Chair reconstituée	140 ± 40	290 ± 200
Liquide intravalvaire	11 ± 5	60 ± 50
- Masse viscérale	1450 ± 370	3600 ± 2700
- Muscles	13 ± 4	66 ± 59
- Gonade	130 ± 30	280 ± 220
- Manteau	38 ± 5	20 ± 20
- Branchies	69 ± 9	620 ± 490
- Reins	160 ± 80	1660 ± 1400

Tableau 3 : Facteurs de concentration calculés pour les tissus des Coquilles St Jacques *Pecten maximus*

In situ : prélevées à Goury durant l'annee 1980

Expérimental : après 38 jours d'accumulation à partir de l'eau de mer. T = 14° ± 1° C

	Muscles		Chair entière		Gonade	
	in situ	expérimental	in situ	expérimental	in situ	expérimental
Activité maximum (a) (mBq kg^{-1} frais)	23	8,3	63	88	88	78
Activité maximum ingérée (b) (mBq an^{-1})	101	36,5	277	387	387	343
Limite annuelle d'ingestion pour les personnes du public* (mBq an^{-1})	$48,1 \times 10^{+5}$		$48,1 \times 10^{+5}$		$48,1 \times 10^{+5}$	
Activité ingérée / limite d'ingestion	$2,1 \times 10^{-5}$	$0,8 \times 10^{-5}$	$5,8 \times 10^{-5}$	$8,1 \times 10^{-5}$	$8,0 \times 10^{-5}$	$7,1 \times 10^{-5}$

* 1/10è de la limite d'ingestion pour les travailleurs d'après CIPR 30 (I.C.R.P., 1979)

Tableau 4 : Comparaison de l'activité maximale ingérée en ^{241}Am dans différents tissus de la coquille St-Jacques *Pecten maximus* et de la limite annuelle d'ingestion.

(a) In situ : d'après les concentrations maximum observées à Goury en 1980

Experimental : calculée en multipliant le facteur de concentration maximum obtenu après 38 jours d'accumulation à partir de l'eau de mer par l'activité maximum mesurée dans l'eau de mer à Goury soit : FC x 0,49

(b) En se basant sur la consommation totale maximum par an de mollusques marins soit 4,4 kg

pourtant pendant plus de 5 semaines n'a pas permis aux tissus d'atteindre l'équilibre (Figs 2, 3 et 4). *In situ* , les animaux intègrent l'americium provenant de toutes les voies de transfert et notamment la voie trophique, alors qu'expérimentalement, seule la voie eau de mer a été prise en compte. Or des études récentes ont montré que la voie trophique pouvait contribuer à l'accumulation de l'americium et du plutonium dans les chairs des moules (Bjerregaard *et al.*, 1985). Egalement le transfert de l'americium adsorbé sur des particules sédimentaires ingérées par les coquilles St-Jacques ne peut être écarté, bien que les études réalisées sur les transferts des éléments transuraniens du sédiment vers les mollusques bivalves ont montré que les taux de transfert étaient peu élevés (Grillo, 1982; Miramand *et al.*, 1982; Vangenechten *et al.*, 1983; Miramand , 1984, Aston et Fowler, 1984, Miramand et Germain, 1985). Néanmoins, excepté les coquilles, les valeurs des facteurs de concentration se distribuent à peu près de la même manière en expérimental et *in situ* : Masse viscérale > reins > branchies-gonade > muscles-manteau. Pour les coquilles, une explication peut être donnée concernant l'écart observé entre les facteurs de concentration. En effet, les éléments transuraniens s'adsorbent fortement sur les tissus de revêtement des animaux en contact direct avec l'eau de mer et notamment les coquilles calcaires des mollusquesbivalves (Fowler *et al.*, 1975; Guary, 1980; Guary et Fowler, 1981). Ainsi en mer, l'americium adsorbé à la surface des coquilles des pecten durant leur croissance s'incorpore probablement petit à petit dans leur trame calcaire. Or, au laboratoire, seul l'americium adsorbé pendant la durée de l'expérimentation est pris en compte.

- En ce qui concerne la distribution de l'américium dans les tissus, *in situ*, 90 % de ce radionucléide sont fixés sur les coquilles, alors qu'expérimentalement, ce pourcentage est de 51 % (tableau 1). Cette observation est à rapprocher de la remarque précédente. Si on considère uniquement la répartition du ^{241}Am dans les chairs seules, on observe alors une similitude entre les données expérimentales et *in situ*. Dans les deux cas, les masses viscérales fixent les plus forts pourcentages d'américium , les autres tissus nettement moins.

En conclusion, dans le cas présent, si on considère les chairs seules et compte tenu des remarques précédentes, les études expérimentales et *in situ* aboutissent à des résultats proches en ce qui concerne la hiérarchie dans les facteurs de concentration et les pourcentages de distribution de l'américium dans les tissus. Dans l'optique de la radioprotection, on peut calculer l'impact radiologique résultant de l'ingestion des coquilles St-Jacques pêchées dans le Nord-Cotentin. Cet impact peut être apprécié en calculant l 'activité annuelle ingérée et en la rapportant à la limite annuelle d'ingestion qui découle des recommandations de la C.I.P.R. (I.C.R.P., 1979). Deux types de calcul peuvent être faits. Le premier peut se baser sur les concentrations maximales observées *in situ*. Ainsi, partant des activités maximales mesurées dans les muscles et les gonades (parties effectivement consommées), ou les chairs totales des pecten, et de la quantité de mollusques marins consommés par les individus les plus exposés (4,4 kg an^{-1}). On obtient les résultats présentés dans le tableau 4.

Le deuxième type de calcul peut se baser sur les résultats expérimentaux. Ainsi, en prenant en compte les facteurs de concentration obtenus au laboratoire, et en les multipliant par la valeur maximale mesurée dans l'eau de mer à Goury (0,49 mBq l^{-1}), on peut obtenir des valeurs théoriques en mBq Kg^{-1} frais en américium susceptibles d'être trouvées dans les tissus des coquilles St-Jacques vivant dans cette eau de mer. En refaisant les mêmes calculs que précédemment, on peut obtenir également les activités ingérées du fait de la consommation des coquilles St-Jacques (tableau 4). Pour les 3 tissus considérés, les deux types de calcul donnent des résultats du même ordre de grandeur. Ainsi, l'activité maximale ingérée en ^{241}Am du fait de la consommation des coquilles St-Jacques représentent au total 8 x 10^{-5} de la limite annuelle d'ingestion pour les personnes du public. Ce chiffre très faible est similaire à celui donné pour la consommation des moules provenant du même site (Germain et Miramand, 1984).

BIBLIOGRAPHIE

ASTON, S.R., FOWLER, S.W., 1984. Experimental studies on the bioaccumulation of plutonium from sea water and a deep-sea sedimen,t by clams and polychaetes. J. environ. Radioactivity, 1, 67-78.

BALLESTRA, S., 1980. Radioactivité artificielle et environnement marin. Etude relative aux transuraniens ^{238}Pu, $^{239+240}$Pu et ^{241}Am en Méditerranée. Thèse. Université de Nice.

BEASLEY, T.M., CROSS, F.A., 1980. A review of biokinetic and biological transport of transuranic radionuclides in the marine environment, in : "Transuranic elements in the environment", W.C. Hanson, Ed. (Technical Information Center, U.S. Department of Energy, Sprinfield, Va), 524-540.

BJERREGAARD, P., TOPÇUOĞLU, S., FISHER, N.S., FOWLER, S.W., 1985. Biokinetics of américium and plutonium in the mussel *Mytilus edulis*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 21 99-111.

FOWLER, S.W., HEYRAUD, M., BEASLEY, T.M., 1975. Experimental studies on plutonium kinetics in marine biota. In : Impacts of nuclear releases into the aquatic environment. (IAEA, Vienna), 157-177.

GERMAIN, P., MIRAMAND, P., CAMUS, H., GRENAUT, C., 1983. Distribution et comportement de radionucléides transuraniens dans les compartiments physique et biologique du littoral français de la Manche. Rapport CEA-R-5233.

GERMAIN, P., MIRAMAND, P., 1984. Distribution and behaviour of transuranic elements in the physical and biological compartments of the channel french shore. Nucl. Inst. Meth. Phys. Res. , 223, 502-509.

GRENAUT, C., GERMAIN, P., MIRAMAND, P., 1983. Mesures du plutonium, de l'américium et du curium dans le milieu marin au Laboratoire de Radioécologie Marine. Note CEA N° 2325.

GRILLO, M.C., 1982. Contribution à l'étude expérimentale des transferts des éléments transuraniens (Pu, Am, Cm) entre les différentes phases (particules, eau, organismes) du système sédimentaire. Thèse de 3ème cycle. Université d'Aix-Marseille II, 102pp.

GUARY, J.C., 1980. Recherches sur les transferts et la fixation du plutonium, de l'américium et du neptunium dans le milieu marin. Thèse Doct. ès sciences Naturelles, Université d'Aix-Marseille II, 303 pp.

GUARY, J.C., FOWLER, S.W., 1981, Américium - 241 and plutonium - 237 turnover in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) living in field enclosures. Estuar. Coast. & Shelf Sci., 12, 193-203.

I.C.R.P., 1979. Limits for intakes of radionuclides by workers. I.C.R.P. publication 30, Oxford: Pergamon Press.

MIRAMAND, P., GERMAIN, P., CAMUS, H., 1982. Uptake of américium and plutonium from contaminated sediment by three benthic species : *Arenicola marina, Corophium volutator* and *Scorbicularia plana*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 7, 59-65.

MIRAMAND, P., 1984. Etudes de laboratoire et de terrain sur le comportement de l'américium, du curium et du plutonium chez des espèces benthiques marines : transfert à partir de l'eau ou du sédiment. Rapport CEA-R-5260.

MIRAMAND, P., GERMAIN, P., 1985. Sea water uptake, sediment transfer and histoautoradiographic study of plutonium (^{239}Pu) and américium (^{241}Am) in the edible cockle *Cerastoderma edule*. Mar. Ecol. Prog. Ser. , 22, 59-68.

TALVITIE, N.A., 1972. Electrodeposition of actinides for alpha spectrometric determination. Anal. Chem., 44, (2), 280-283.

VANGENECHTEN, J., ASTON, S.R., FOWLER, S.W., 1983. Uptake of américium-241 from two experimentally labelled deep-sea sediments by three benthic species : a bivalve mollusc, a polychaete and an isopod. Mar. Ecol. Prog. Ser., 13, 219-228.

WARD, E.E., 1966. Uptake of plutonium by the lobster *Homarus vulgaris*. *Nature*, Lond. 209, 625-626.

******

Haliotis, 15, 1986
p. 355 à 358

TABLE RONDE DU COLLOQUE

" CONTAMINATIONS, INTOXICATIONS ET PERTURBATIONS DES MOLLUSQUES MARINS "

Vendredi 8 Novembre 1985

Menée sous la direction du Professeur N. VICENTE et du Dr H. HIS

Rapporteur : J.M. DEWARUMEZ

****

Le Professeur N. VICENTE félicite le Président Jean-Marie DEWARUMEZ pour la réussite totale de ce Congrès qu'il n'a malheureusement pu suivre qu'en partie.

Divers colloques ont été organisés par diverses instances récemment sur le même sujet à Nice et en Espagne (F.A.O.). Ce colloque concerne plus précisément le littoral français. Les communications sont des contributions importantes à ce problème, des expériences en laboratoire complètent les études réalisées sur le milieu naturel.

E. HIS : L'IFREMER est sensibilisé au sujet des rapports entre pollution et conchyliculture. Le plus important étant en l'occurence de sauvegarder l'intégrité du milieu.

P. MIRAMAND : Est-ce qu'il y a un problème de pollution sur les côtes françaises ?

N. VICENTE : De quoi parle-t-on lorsque l'on parle de pollution ?

Si l'on considère la pollution par les métaux on pourrait admettre qu'elle n'existe pas, tous les animaux possédant naturellement des métaux dans leurs tissus.

Par contre si l'on considère les substances de synthèse (P.C.B., pesticides, organochlorés...), la pollution existe car les êtres vivants n'en contiennent pas naturellement.

Le problème de la pollution ne reconnait pas les frontières. Par exemple, on note en Méditerranée une continuité des taux de PCB voisins de 5000 ppb depuis les côtes espagnoles jusqu'à Nice. La pollution n'est pas irrémédiable, elle a chuté de 95 % dans l'étang de Berre mais reste à un niveau inquiétant.

M. CHEVALLIER : A propos des doses et des taux "admissibles" d'un polluant, le toxicologue et le législateur raisonnent en isolant les effets biologiques du polluant étudié. Or, l'homme ne subit pas isolément les effets de tel ou tel polluant mais une somme de divers polluants qui, outre leur addition, peuvent avoir leurs effets multipliés par un phénomène de synergie.

N. VICENTE : En effet, les phénomènes de synergie sont plus importants que les effets de sommation.

P. MIRAMAND : Au sujet des doses admissibles, en ce qui concerne les élements radioactifs, les effets directs n'existant pas comme pour les autres polluants, on a déterminé des risques maximum admissibles et une législation fait que l'on ne doit pas atteindre ces doses maximales. Maintenant, on peut discuter sur la notion de dose maximum admissible.

J. TARDY : La dose maximale admissible n'est pas le seul problème. Une substance sera d'autant plus polluante qu'elle sera rémanante. Dans certains cas cela se solde par des milliers d'années pour la radioactivité. En ce qui concerne les métaux, ils sont totalement rémanants, ils sont sans cesse redissous ou remis en suspension. Dans ces conditions doit-on

considérer qu'un site pollué par des métaux est irrémédiablement atteint ?

N. VICENTE : Il est vrai que les métaux persistent dans les sédiments, se fixent sur les particules fines et peuvent être repris dans les chaînes alimentaires. C'est pourquoi il convient de démontrer l'accumulation au sein des réseaux trophiques. Les chaînes alimentaires n'existent pas pour le législateur. De plus on ne connaît pas bien les cycles biogéochimiques des métaux. On ne connaît que les cycles du Mercure (très bien) et du Cadmium (un peu) pour les autres métaux on ne connaît rien. C'est dans ce sens qu'il faut continuer les études, et suivre en particulier certains processus chimiques comme la méthylation.

F. GENDRON : L'étain fait l'objet d'une biométhylation. Le TBTO est dégradé par les bactéries et les virus mais certaines bactéries (*Pseudomonas*) peuvent reformer des composés tri et tétra substitués (R_3 Sn X ou R_4 Sn) dans les sédiments marins.

P. MIRAMAND : Y-a-t-il réellement bioaccumulation ou non le long des chaînes alimentaires? Généralement les facteurs de transfert des métaux sont inférieurs à 1.

N. VICENTE : La palourde concentre le cadmium. On note une augmentation des taux entre le phytoplancton, les palourdes (28 µg/g) et les poissons (600 µg/g). Par contre, il est vrai que pour les éléments radioactifs on assiste à une diminution des taux le long de la chaîne alimentaire.

G. RICHARD : Une étude effectuée dans un atoll polynésien (BABLET) a montré que les concentrations en éléments radioactifs diminuaient le long de la chaîne alimentaire, contrairement à ce qui se passe pour les métaux.

N. VICENTE : Un autre problème se pose également, il s'agit de la notion de dose.

G. RICHARD : La notion de dose est très mal interprétée par le législateur. De plus, une répétition de petites doses est-elle aussi délétère que la même dose administrée d'un coup ? Le problème, complexe, peut-il être généralisé ?

J. TARDY : Une dose cumulée peut faire mal même si les quantités sont administrées à faible dose mais pendant longtemps. D'où l'importance du facteur durée d'exposition.

R. ROBERT : Il faut bien avoir une base de travail au départ. Il faut quand même connaître la dose minimale pour les effets délétères sinon, tout élément est dangereux par nature. De plus, les décideurs ont besoin d'avoir des notions claires de doses pour pouvoir décider. Cette notion est donc nécessaire.

N. VICENTE : La législation prend en compte la CL 50 et la DL 50. Les industriels doivent ensuite passer par une réglementation rigoureuse. ELF-AQUITAINE, par exemple, effectue les contrôles sur des animaux d'eau douce (daphnie) et marins et également sur des chiens. Les scientifiques doivent proposer d'autres organismes test, en particulier les alevins de loup ont été proposés à l'AFNOR.

J. TARDY : Dans certains cas, de telles études peuvent apporter des solutions mais il n'est pas souhaitable de les généraliser car on ne peut pas reproduire en laboratoire toutes les conditions du milieu. Une étude d'écotoxicologie devrait se faire sur une période de 5 ans mais c'est une durée trop longue.

R. ROBERT : Les législateurs n'attendront pas 5 ans !

A.M. REAL : La méthode de mesure est importante. La dose des radiations reçues par les employés des centrales nucléaires est calculée par année, ce qui est très défavorable pour le personnel.

M. CHEVALLIER : Il existe une mesure intéressante : c'est la dose journalière admissible (D.J.A.). Or, certains composés chimiques, utilisés en agriculture et en agro-alimentaire ont été commercialisés sans que leur D.J.A. ait été établie (voir le "Dictionnaire des polluants alimentaires").

N. VICENTE : Le développement actuel des recherches dans le domaine de l'écotoxicologie se fait dans la direction de la capacité d'acceptation du milieu marin.
Il est aisé de dire qu'il faut éviter les rejets toxiques, mais il y a là souvent un problème d'argent et de politique. Il faut bien entendu étudier les techniques d'épuration mais le plan d'assainissement du littoral est plus aisé à faire en microbiologie.

G. RICHARD : En Polynésie Française, les îles sont à des stades d'évolution différentes ce qui permet d'étudier à un moment donné des peuplements à des stades de structuration différentes vis à vis des populations qui les composent.
A l'avenir, l'effort va être porté sans doute sur des études dans des situations "extrêmes : milieu en voie de comblement (disparition) ou, au contraire, milieux pionniers.
Peut-être existe-t-il des "séries" ou des "situations" comparables en milieu côtier français.

M. CHEVALLIER : Dans le milieu continental, des études écotoxicologiques concernant les mollusques - dulcicoles et terrestres - sont très rares ou ponctuelles. Or, ces mollusques d'une part sont de bons indicateurs de pollution et, d'autre part, l'étude de leur contamination, ou de leur morbidité par l'impact de divers polluants chimiques ou physico-chimiques (produits utilisés en agriculture, pluies acides, émissaires en milieux fluviaux, etc...) serait très utile comme c'est le cas en molysonologie marine.

J. TARDY : Il faudrait réunir au sein de la S.F.M. quelques personnes travaillant dans le domaine de l'écotoxicologie pour essayer de dégager des voies de recherches et des collaborations.

R. ROBERT : Les chercheurs travaillent déjà sur des programmes bien définis et ne sont pas disponibles pour d'autres tâches.

N. VICENTE : Après la présentation des communications, je propose que le titre du colloque soit modifié et devienne "Contamination et intoxication des mollusques".

J.P. DUCROTOY et M. DESPREZ souhaitent que le mot perturbation soit introduit dans le nouveau titre proposé pour le colloque.

F. GENDRON et P. MARTINET : Peut-être faudrait-il réaliser une revue plus ouverte sur le public et créer une équipe spécialisée pour la réalisation de cette revue qui dépendrait financièrement et entièrement de la vente de cette revue. Elle pourrait permettre une concertation entre les professionnels, les scientifiques et le public.

J.P. DUCROTOY et M. DESPREZ : La S.F.M. pourrait représenter une structure d'échange d'informations, objectif qui paraît réalisable compte tenu de la bonne représentation des membres de cette société sur l'ensemble du Littoral Français. Nous avons en effet constaté que les travaux réalisés par certains chercheurs de disciplines très différentes (écotoxicologie et biosédimentologie) pourraient mettre en évidence des évolutions comparables permettant de faire émerger des causalités (pollutions, "accidents" climatiques ...) . Nous proposons l'édition régulière d'une "Newsletter" où passeraient des informations diverses. Le Secrétaire ayant pour rôle de collecter les différents éléments et d'y ajouter éventuellement un commentaire.

G. RICHARD : On vient d'inhumer un journal personne n'était disponible pour s'en occuper.

N. VICENTE : La réponse à cette question est dans la rénovation d'Haliotis, le Conseil d'Administration se penche actuellement sur le renouveau de la revue.
Je crois que nous avons abordé toutes les questions qui pouvaient se poser et si plus personne ne désire intervenir, je passerai la parole à Jean Marie DEWARUMEZ, Président de la S.F.M.,pour la clôture de cette semaine.

****

POSTERS

* * * * *

Résumé de poster
Haliotis, 15, 1986
p. 361 à 363

DISTRIBUTION DE LA CREPIDULE *CREPIDULA FORNICATA* DANS LE GOLFE NORMANO - BRETON

par

Michel BLANCHARD - Françoise QUINIOU
I.F.R.E.MER - Centre de Brest - DERO/EL
B.P. 337 - 29273 BREST Cedex

ABSTRACT.

With the aid of grab samples and underwater observations the present distribution of the slipper limpet *Crepidula fornicata* between the west coast of Cotentin and the island of Jersey is shown. An estimation of the biomass and density is proposed and it appears that three areas of gravel bottom are mainly infested with this gastropod.

A plankton survey, throughout the year, has given information about the larval cycle and its distribution which appears to be closely related to the distribution of adult populations.

RESUME.

A partir d'observations sous-marines et de prélèvements à la benne, nous avons estimé la répartition et la biomasse du gastéropode *Crepidula fornicata* qui se développe actuellement sur la pêcherie de praires du Cotentin et entrave son exploitation.

Parallèlement, des échantillonnages de plancton permettent de dresser une carte de répartition des larves, qui se superpose à celle des adultes.

Nous observons que cette espèce colonise actuellement l'ensemble du secteur avec trois zones de densité maximum dans les secteurs les plus caillouteux du golfe.

INTRODUCTION.

La crépidule *Crepidula fornicata* L., implantée sur les côtes européennes depuis une centaine d'années (MARTEIL, 1963), a fait son apparition dans le golfe normano-breton vers 1975 (RETIERE, 1979), et s'est rapidement étendue à l'ensemble du secteur.

Dans le cadre des études menées par l'IFREMER en 1984 et 1985, à l'Ouest du Cotentin, sur les populations de mollusques filtreurs, nous avons suivi ce gastéropode compétiteur spatial et trophique des populations de bivalves largement implantées dans cette zone.

MATERIEL ET METHODES.

Nous avons étudié la répartition de cette espèce en expansion à deux niveaux :

–Répartition des larves pélagiques.

L'évolution de l'abondance larvaire a été suivie par des prélèvements mensuels au cours de l'année 1984, à l'aide d'un filet WP2 de 80µm de vide de maille utilisé verticalement.

La répartition spatiale a été analysée au cours de quatre campagnes : en mai, juin, novembre 1984 et août 1985 sur 22 stations.

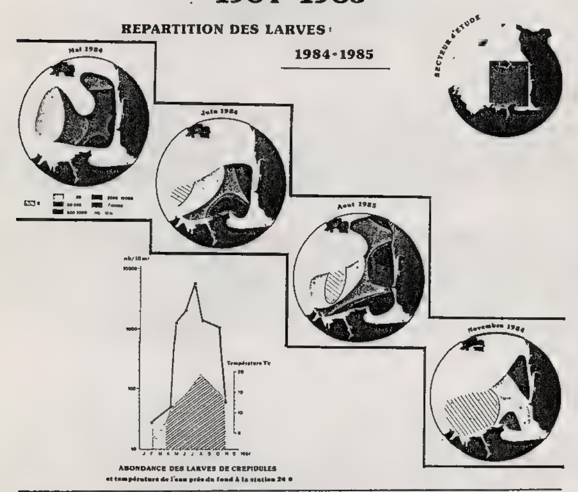
–Répartition des adultes sur le fond.

Durant l'année 1985, trois campagnes d'échantillonnage par benne nous ont permis, sur 242 stations, d'étudier la répartition des populations benthiques et d'en estimer la biomasse.

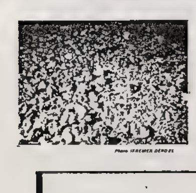
Répartition de la CREPIDULE

Crepidula fornicata

sur la COTE OUEST du COTENTIN 1984-1985



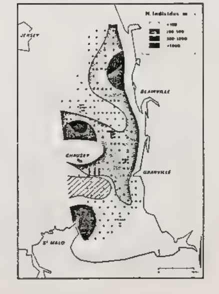
REPARTITION DES ADULTES SUR LE FOND : 1985





Estimation de la Biomasse
[POIDS FRAIS]

150000 tonnes



F GUINIOU - M BLANCHARD IFREMER Brest DERO EL

RESULTATS.

Les embryons de crépidules se développent pendant environ 21 jours à l'intérieur de capsules ovigères d'où sortent des larves véligères. Ces larves sont pélagiques pendant une quinzaine de jours avant de se fixer sur le fond. Le suivi de la température près du fond, montre que l'apparition des larves en 1984 se produit à partir d'une valeur de 7.5°C correspondant aux observations de LE GALL (1980). Les pontes sont abondantes jusqu'à l'automne avec un maximum en juillet.

On observe que les résultats de répartition spatiale des larves se superposent à ceux des abondances d'adultes sur le fond, montrant par là l'importance des pontes malgré le fort hydrodynamisme.

Dans le peuplement benthique, la densité moyenne calculée sur l'ensemble des prélèvements réalisés à la benne Hamon est de 33.92 individus pour 0.25 m^2; soit près de 150.000 tonnes sur l'ensemble de la zone de 1100 km^2, délimitée par la verticale de Cancale et la latitude du havre de St-Germain. Cette estimation est assortie d'une certaine erreur liée au moyen d'échantillonnage inadapté à la répartition en taches de cette espèce. On observe ainsi trois zones de densité maximum dans le golfe : le secteur de Cancale, celui du nord-ouest de Chausey et la frange côtière des plattiers devant Blainville.

BIBLIOGRAPHIE.

COUM, A., 1979. Les populations de crépidules *Crepidula fornicata* L. dans la rade de Brest. cologie et dynamique. Thèse 3ème cycle, UBO, 146 p.

LE GALL, P. 1980. Etude expérimentale de l'association en chaine et de son influence sur la croissance et la sexualité chez la crépidule *Crepidula fornicata* L. Mollusque gastéropode. Thèse docteur ès Sciences Naturelles, Univ. Caen, 251 p. + annexes.

MARTEIL, L., 1963. La répartition de la crépidule en France. Science et Pêche, 21.

RETIERE, C., 1979. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques du golfe normano-breton. Thèse docteur ès-Sciences Naturelles. Univ. Rennes, 431 p.

******

Résumé de poster
Haliotis, 15, 1986
p. 365 à 367

NOTE SUR LA PRODUCTION DES LARVES VELIGERES DE *MYTILUS EDULIS* DANS UN MILIEU PORTUAIRE ECHAUFFE (DUNKERQUE)

par

J.M. BRYLINSKI

Station Marine de Wimereux - B.P. 41 - 62930 WIMEREUX

ABSTRACT. Note on the production of the veligers of Mytilus edulis in a heated harbour.

The study area, in the wet docks of Dunkerque harbour, is subjected directly to the effluents of a thermal power station of 500 MW. The waters are permanently subjected to an increase in temperature of about 3° to 4° C compared to the waters outside the harbour. The average temperature varies between 8° and 22°C.

The maximal abundance of veligers appears in the plankton one month after the maximal abundance of phytoplancton. The maximal veliger abundance is observed for temperatures between 14 and 18°C, and a regular diminution of abundance is observed at temperatures superior to 18°C.

INTRODUCTION.

Les bassins à flot du port de Dunkerque sont soumis, entre autres, aux rejets d'une centrale thermique (500 MW : débit ≃ 20 m³/s; t° ≃ 10°C). A la station échantillonnée, les eaux subissent un échauffement permanent de + 3 à 4°C par rapport aux eaux de la Mer du Nord proche (Fig.1).

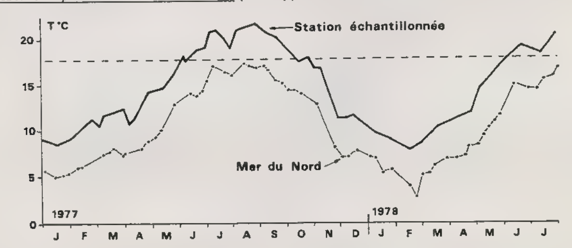


Fig. 1 - Evolutions comparées des températures dans le port de Dunkerque et en Mer du Nord.

MATERIEL ET METHODES.

Le plancton est récolté à l'aide d'un filet WP2 (200µ) équipé d'un flowmeter TSK (trait oblique fond-surface).

Les véligères de lamellibranches appartiennent en grande majorité aux moules (*Mytilus edulis*), seuls lamellibranches qui peuplent les installations de pompage E.D.F. et les quais des bassins à flot. En raison de la petite taille des véligères les comptages sont probablement sous-estimés, certains individus ayant pu échapper à l'observation dans des prélèvements souvent encombrés de débris.

RESULTATS-DISCUSSION.

Chez *Mytilus edulis* la ponte proprement dite est provoquée par différents stimuli extérieurs comme les brusques variations de température, la salinité, ou l'agitation de l'eau. (Lubet, 1957) mais est peu influencée par l'abondance de nourriture. Bien qu'aucune recherche n'ait été effectuée dans le cadre de ce travail sur l'évolution sexuelle des adultes pour le confirmer, il semble que le facteur nourriture intervienne néanmoins dans le rendement de la maturation génitale. En 1977, les maxima d'abondance des larves véligères dans le plancton succèdent aux maxima d'abondance du phytoplancton, avec un délai d'environ un mois, délais supérieurs à la durée de vie pélagique des véligères.

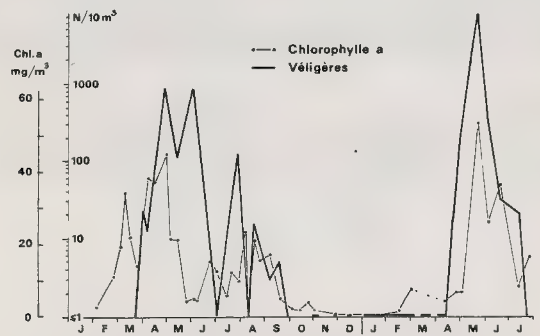


Fig. 2 - Evolutions comparées du phytoplancton et des larves véligères dans le port de Dunkerque.

L'abondance maximum des larves véligères est observée pour des températures comprises entre 14 et 18° C (fig. 3). Il semble qu'un échauffement thermique puisse provoquer un dérèglement du synchronisme de maturation des gamètes (LOWE et coll. 1982) conduisant à un étalement de la période de ponte. Lorsque la température dépasse 18°C, le stock de véligères diminue dans le plancton. A ces températures élevées, le cycle de reproduction entre en phase de repos estival, la gamétogénèse est stoppée (LUBET, 1959) . Les ovocytes entreraient en cytolyse dès 17°C (LUBET 1983). Les rares larves présentes en été pourraient alors provenir des géniteurs peu affectés par les rejets thermiques , ou plutôt de l'extérieur du port, par l'écluse toute proche.

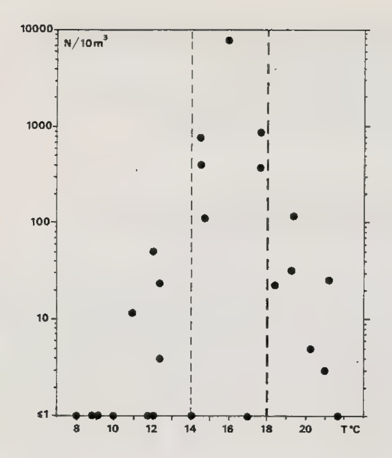


Fig. 3 - Abondance des véligères en fonction de la température.

BIBLIOGRAPHIE.

LUBET, P., 1957. Cycle sexuel de *Mytilus edulis* L. et de *Mytilus galloprovincialis* LMK dans le bassin d'Arcachon (Gironde). *Ann. Biol.*, 33 (1-2) : 19 - 29.

LUBET, P., 1959. Recherches sur le cycle annuel de l'émission des gamètes chez les Mytilidés et les Pectinidés (Mollusques Bivalves). *Rev. Trav. Inst. Pêches Maritimes.* 23 (4) : 387-548.

LUBET, P. 1983. Experimental studies on the action of the temperature on the reproduction activity of the Mussel (*Mytilus edulis* L.). *J. Moll. Stud. London R.A.* : 100-105.

LOWE, D.M., MOORE, M.W. et BRYNE, B.L., 1982. Aspects of gametogeneses in the marin mussel *Mytilus edulis* L.. *J. Nat.Biolass. U.K.*, 62 : 133-145.

******

Résumé de poster
Haliotis, 15, 1986
p. 369 à 374

FILIERES EXPERIMENTALES DE PLEINE EAU POUR LA CONCHYLICULTURE AU PARC NATIONAL MARIN DE PORT-CROS (VAR - FRANCE)

TECHNOLOGIE - ESSAIS AVEC *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LK (CROISSANCE - TENEURS EN METAUX LOURDS)

par

Pierre MARTINET et Nardo VICENTE

Centre d'Etudes des Ressources animales marines
Faculté des Sciences et Techniques de St-Jérôme - 13397 MARSEILLE CEDEX 13

ABSTRACT. Experimental long lines for the culture of mussels in deep water are established in the Marine National Park of Port-Cros. They are supplied with "anti-predator" nets. Growth is followed to compare the productivity of the chosen sites. The quantity of heavy metals present does not exceed the toxicity limits throughout the seasons.

RESUME. Des filières expérimentales pour la mytiliculture de pleine eau sont installées au Parc National marin de Port-Cros. Elles sont munies d'un filet protecteur "anti-prédateurs" permettant un suivi de la croissance en fonction de la productivité des sites choisis. De plus les teneurs en métaux lourds (cadmium - cuivre - nickel - plomb - zinc) ne dépassent jamais les seuils de toxicité au cours des saisons.

MOTS-CLEFS. Mytiliculture - Filières de pleine eau - Croissance - Métaux lourds.

KEY WORDS. Mussels breeding - Long Lines - Growth - Heavy Metals.

INTRODUCTION.

Des essais expérimentaux de filières de pleine eau ont débuté au Parc National de Port-Cros en 1983 (Gendron et al., 1984) et se poursuivent actuellement en trois stations retenues pour leurs caractéristiques écologiques. L'impact des nuisances est pris en compte. Des analyses régulières d'éléments métalliques sont effectuées de manière à établir les teneurs dans les organismes au cours de la croissance et des saisons. Ce suivi permet d'envisager les meilleurs sites en tenant compte d'autres facteurs : l'hydrodynamisme, la nourriture.

METHODES ET TECHNIQUES.

Le Matériel.

Depuis le mois de mars 1985, trois filières de pleine eau permettant l'élevage expérimental de moules (*Mytilus galloprovincialis, Lmk*) ont été installées dans les eaux du Parc National de Port-Cros, par le laboratoire CERAM.

Chaque filière est constituée d'une corde, de deux torons, de 10 mm de diamètre, tendue entre un corps mort, un pieu ancré au fond et un flotteur de surface. Les bivalves sont placés dans des pochons de filet tubulaire, répartis régulièrement autour de la corde.

Afin de protéger les filières contre la prédation, un filet protecteur "anti-prédation" a été disposé autour de chaque filière. Il est constitué par un filet de pêche en nylon câblé, maintenu tendu par des cercles de polyéthylène de 0,45 m de diamètre et disposés à des intervalles

de 1 m, sur toute la longueur de la filière. Le filet "anti-prédation" peut être enlevé facilement en plongée. Les structures sont stables, même par forte tempête, les moules restent bien en place, ce qui montre la viabilité du système.

Les stations.

Elles sont situées à l'Ouest et au Nord de l'Île de Port-Cros (fig. 1).

✶ Port Man

● La Palud

* Passe de Bagaud

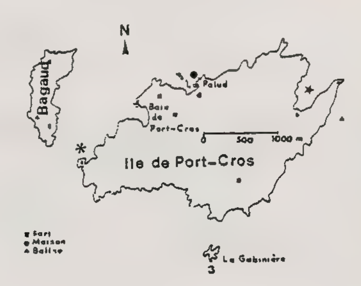


Fig. 1 - Situation géographique des 3 stations.

1. Baie de Port-Man.

Au centre de la Baie le corps mort maintenant la filière est placé à - 17 m sur un fond de matte morte; bouées à - 8 m; corde à moules de 7 mètres de long (de - 16 m à - 9 m).

2. Baie de la Palud.
- Corps mort - 30 m
- Bouées - 5 m
- Corde à moules de 10 m de long (- 26 m, - 16 m).

3. Passe de Bagaud.
- Corps mort - 11 m
- Bouées - 3 m
- Corde à moules de 6 m de long (- 10 m, - 4 m).

RESULTATS.

Aspect technologique.

Au cours des premiers essais effectués sans filet "anti-prédation" les pochons étaient déchiquetés et de nombreuses coquilles de moules étaient retrouvées brisées sur le fond.

A l'intérieur des pochons, des cadavres de poissons ont été trouvés et identifiés à leur denture comme étant des sars. En effet de nombreux poissons sparidés (Sars, Daurades)

nagent souvent autour des filières et l'on a même observé un banc de sars s'y nourrissant.

Il fallait donc réaliser un dispositif efficace, facile à mettre en oeuvre, léger et solide, aisément manipulable en plongée et protégeant chaque filière. Ce dispositif est décrit dans le paragraphe 1 : Matériel.

Un suivi régulier a permis de constater que les moules présentaient une croissance satisfaisante et effet escompté, la prédation a été nulle. Il est cependant nécessaire de nettoyer le filet, au moins une fois par mois en plongée, pour éliminer les salissures.

Aspects biologiques.

Croissance : La croissance linéaire de la coquille est tout d'abord envisagée.

En Mars, pour le stock mis en élevage à Port-Cros, la moyenne des longueurs est de 26,6 mm.

Six mois après :

A Port Man, station de mode calme, la moyenne des longueurs atteint 44,8 mm soit un accroissement mensuel moyen de 3 mm.

A la Palud, en mode calme et à une profondeur plus importante, la moyenne des longueurs est de 42 mm, soit un accroissement mensuel moyen de 2,5 mm.

A la passe de Bagaud, en mode agité, caractérisé par un courant permanent, la moyenne des longueurs est de 42,1 mm donnant un accroissement mensuel moyen de 2,6 mm.

Pour l'évaluation de la croissance pondérale, nous ne tenons compte que du poids frais et du poids sec de chair, plus significatifs que le poids total des organismes.

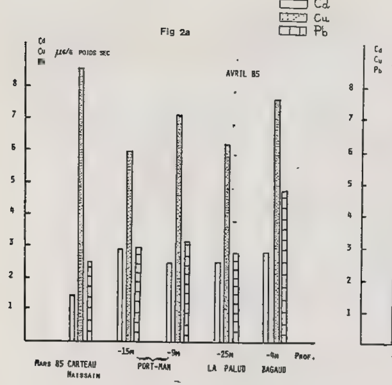
Pour un lot homogène en Mars, la moyenne des poids frais est de 580 mg. En Août à Port Man,elle est de 1486 mg, à la Palud de 1420 mg et à la passe de Bagaud 1440 mg. En Mars, la moyenne des poids secs est de 86 mg. Elle atteint en Août 162 mg à Port Man, 156 mg à la Palud et 182 mg à la passe de Bagaud.

Teneurs en métaux :

Pour les cinq métaux analysés , cadmium, cuivre, nickel, plomb et zinc, la répartition en pourcentages relatifs, les uns par rapport aux autres (tableau 1) montre que le zinc prédomine largement pour les deux classes de taille choisies : 25-30 mm et 45-50 mm.

Classes de taille		Avril		Août	
		Teneurs µg/g poids/sec	% relatifs	Teneurs µg/g poids/sec	% relatifs
25-30 mm	Cd	4,1	2,1	1,8	0,82
	Cu	9,9	5,2	4,8	2,2
	Pb	3,2	1,7	8,6	4
	Ni	8,7	1,5	5,7	2,6
	Zn	165,7	86,2	194,9	90
45-50 mm	Cd	3	2,4	2,4	1
	Cu	5,9	4,8	4,1	1,6
	Pb	3,8	3,1	7,7	3,0
	Ni	5,2	4,2	9,2	3,5
	Zn	105,28	85,2	233,9	89

Tableau 1 : Teneurs et pourcentages en métaux dans les moules de deux classes de taille, au printemps et à l'été.



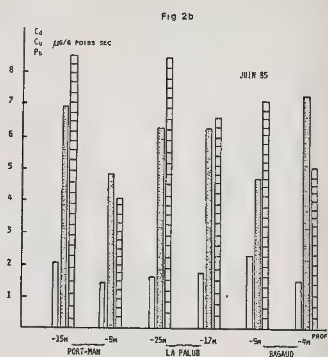
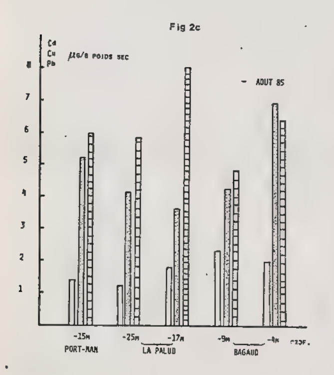


Fig. 2 : Evolution de la concentration moyenne en Pb, Cu et Cd au cours du temps, à trois stations différentes et à diverses profondeurs.



Une baisse sensible des teneurs en cuivre est décelée un mois après l'installation des moules à Port-Cros (fig. 2 a). Les concentrations restent stables jusqu'en Juin (fig. 2b) de 4,7 µg/g (poids sec) à 7,1 µg/g (poids sec). En tout (fig. 2 c) pour la majorité des stations, nous avons une nouvelle baisse des teneurs de 3,5 µg/g (poids sec) à 5,2 µg/g (poids sec), sauf à Bagaud (- 4 m) où la concentration reste assez élevée, 6,9 µg/g.

Les concentrations en Cadmium augmentent un mois après l'installation des moules à Port-Cros (fig. 2a) : de 1,5 µg/g (poids sec) en Mars, les teneurs doublent en Avril dans certaines stations pour atteindre 2,9 ug/g (poids sec) à Port Man. En Juin, elles baissent à nouveau et sont généralement inférieures à 2 µg/g (poids sec) (fig. 2 b). En tout, ces teneurs demeurent à peu près stables.

Le nickel (tableau 1) reste également à des concentrations stables, ne dépassant jamais 10 µg/g (poids sec) pour un minimum de 5,2 µg/g (poids sec) et un maximum de 9,2 µg/g (poids

sec).

Le plomb présente les plus fortes variations. Un mois après l'installation, les moules ont accumulé du Plomb et de 1,5 µg/g (poids sec) teneur initiale moyenne, les concentrations s'élèvent jusqu'à 4,6 µg/g (poids sec), soit une augmentation de 306,6 % (fig. 2 a). Cette bioaccumulation du Plomb se confirme par la suite pour toutes les stations. Les concentrations varient de 4 µg/g à 8,4 µg/g (poids sec), en Juin et en Août (fig. 2 b, 2 c).

DISCUSSION.

La croissance.

La croissance linéaire de la coquille, aux trois stations, est rapide. La moyenne des accroissements mensuels est supérieure à 2 mm. Bien que les eaux de Port-Cros soient oligotrophes, la croissance linéaire est semblable à celle rencontrée dans des secteurs où la mytiliculture professionnelle se développe en "mer ouverte" (PARACHE, 1985).

C'est à Port-Man, station de mode calme, que la croissance linéaire a été la plus forte.

La croissance pondérale (poids frais) est importante au printemps puis se ralentit à la fin de cette période pour être très faible en été, ce qui met en évidence l'effet des conditions défavorables du milieu en cette saison.

Il semble que la station de la passe de Bagaud soit la plus favorable à l'augmentation du poids frais des moules. Elle est caractérisée par un courant permanent qui dans des eaux oligotrophes assure un apport de nourriture plus régulier.

Il est à noter que la croissance pondérale est relativement faible en comparaison avec d'autres secteurs côtiers, caractérisés par des eaux plus riches en phytoplancton et en substances organiques dissoutes (DESGOUILLE A. & CATY X., 1969) (PARACHE A. 1983).

Les métaux.

Les concentrations en zinc observées ne peuvent être considérées comme toxiques pour les organismes, sauf à des teneurs bien supérieures à celles rencontrées à Port-Cros. En effet le zinc, oligo-élément indispensable, participe aux systèmes enzymatiques d'un organisme

Il en est de même pour le cuivre et l'on constate que celui-ci est plus abondant au printemps, en Avril, au moment de la maturation des gamètes avant la ponte, l'émission des gamètes s'étant déroulée entre Mai et Juin comme l'indique la forte diminution du poids sec, constaté à Port-Man et Bagaud.

De plus une compétition dans la bioaccumulation entre le cuivre et le plomb pourrait intervenir (RITZ, 1982). En effet, à partir de Juin, les concentrations en plomb augmentent, phénomène à mettre en relation avec la fréquentation très importante des embarcations à moteur dans les eaux de Port-Cros. Il est à noter que les teneurs en Plomb augmentent après l'émission des gamètes dans le milieu. Mais ce fait est controversé par divers auteurs. Selon MELLANBY (1980), il n'y aurait aucune relation entre la concentration en plomb et la maturité sexuelle, alors que SIMPSON (1979) démontre le contraire.

Le nickel présente des teneurs inférieures à 10 µg/g (poids sec) et à ces concentrations,

il ne peut être toxique pour les mollusques. Les concentrations en cadmium demeurent inférieures à 5 µg/g (poids sec) dose admise dans les mollusques consommables par l'homme (GIPM 1973). Mais du fait de sa toxicité pour les organismes, les teneurs en cadmium dans les mollusques en élevage doivent être étroitement surveillées.

CONCLUSION.

Ces essais, préliminaires à une étude plus détaillée du milieu, de la croissance des moules et des variations de teneurs en métaux dans ces organismes ont permis de réaliser des structures d'élevage à l'abri de la prédation des sparidés, abondants dans les eaux de Port-Cros.

En accord avec le Parc National de Port-Cros et les affaires maritimes, des zones protégées de toute activité de plaisance et de pêche permettront aux filières d'être à l'abri de toute déprédation humaine, ce qui n'a pas toujours été le cas jusqu'alors. En ce qui concerne la croissance et la qualité des moules élevées les résultats sont satisfaisants.

BIBLIOGRAPHIE.

DESGOUILLE, A. & CATY, X., 1969. Les moules du Lazaret (rade de Toulon. I. Variations de croissance en différents points des parcs. *Bull. Inst. Sci. P. M.*, 184 : 1-7.

GENDRON, F., VINCENTE, N., ROBERT, Ph., 1984. Impact des métaux lourds sur des filière expérimentales à moules, de pleine eau, dans le parc national de Port-Cros (Var France). *Haliotis*, 14: 131 - 141.

GIPM, 1973. Pour une politique de lutte contre la pollution des mers. Rapport. Groupe interministériel d'étude des problèmes de pollution de la mer. *La documentation Française*. p. 44.

PARACHE, A., 1983. Evolution temporelle du poids et de la composition biochimique de *Mytilus galloprocincialis Lmk*, en Méditerranée nord occidentale. *Rapp. Commis. Internation. Mer Médit . Monaco*. 28 (3) : 235-236.

PARACHE, A. 1985. Contribution à l'étude de la croissance de *Mytilus edulis* var. *galloprovincialis* Lmk. Influence des conditions du milieu.

RITZ, D.A., 1982. Use of the mussel *Mytilus edulis* (L) in monitoring metals levels in seawater. *Aust. J. Marine Freshwater* Res., 33, p. 491-506.

SIMPSON, R.D., 1979. Uptake and loss of zinc and lead by mussels (*Mytilus eludis*) and relationships with body weight and reproductive cycle. *Mar. Poll. Bull.* Vol. 10. p. 74-78.

******

Résumé de poster
Haliotis, 15, 1986
p. 375 à 377

VALEUR TYPOLOGIQUE DE LA MALACOFAUNE DES ANCIENS LITS D'UN FLEUVE APPROCHE METHODOLOGIQUE ET PREMIERS RESULTATS.

par
M. RICHARDOT - COULET
Laboratoire de Biologie Animale et Ecologie
Université de Lyon I, 43, Bd du 11 Novembre 69622 Villeurbanne Cedex

Dans le cadre d'un travail d'équipe concernant l'évolution des anciens lits d'un fleuve, une étude extensive de ces milieux a été envisagée afin de mettre en évidence les étapes successives de leur évolution vers les stades semi-aquatiques et terrestres.

Une première étude des macroinvertébrés d'un ancien lit du Rhône (RICHARDOT-COULET et al. 1983) a montré que la structure des peuplements benthiques est étroitement liée aux caractéristiques morphodynamiques du milieu et constitue un révélateur du vieillissement progressif de ces systèmes aquatiques.

En vue d'un échantillonnage extensif, un essai méthodologique a alors été entrepris sur 4 anciens lits du Rhône différant par leur âge et leurs caractéristiques géomorphologiques. Deux types de substrats artificiels ont été testés (bois et ficelle) ainsi que trois durées d'immersion de ces substrats (3, 6 et 9 semaines), dans 8 stations, une fois par saison sur un an. Les prélèvements obtenus (163 sur 176) ont été traités par une analyse factorielle des correspondances avec prise en compte des caractéristiques des milieux (10 variables qualitatives) et de l'ensemble de la faune benthique.

Les résultats mettent en évidence que la discrimination entre les anciens lits et même entre les stations de prélèvement est suffisamment forte pour rendre négligeable le rôle de la nature des substrats et de la durée d'immersion.

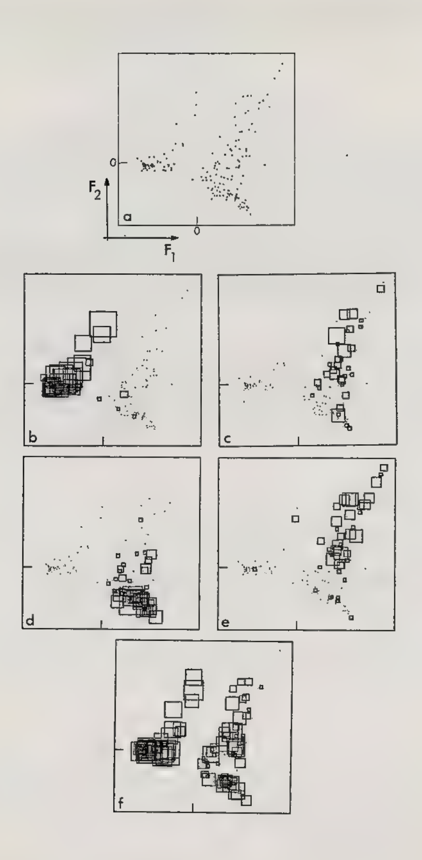
Le premier facteur de l'analyse sépare les milieux colmatés (alimentés principalement par les eaux pluviales) des milieux non colmatés (en relation avec les eaux souterraines). Le 2ème facteur sépare les milieux profonds des milieux marginaux exondables.

Quel est le rôle joué par la malacofaune dans la structuration de ce plan factoriel ?

En d'autres termes, quel est le poids des 30 espèces de Mollusques dans la dispersion des points de prélèvement sur ce plan F1F2 et quelles sont les espèces les plus discriminantes?

Pour évaluer ce pouvoir discriminant des Mollusques, a été projetée, sur le plan factoriel des relevés, l'abondance de chaque espèce pour chacun des relevés, sous forme d'un carré de surface proportionnelle à la note d'abondance de l'espèce (notes en progression géométrique de raison 2). Les 30 figures ainsi obtenues permettent alors d'apprécier instantanément l'abondance générale et locale du taxon, son amplitude d'habitat et la fidélité du taxon à un ensemble de relevés. Il est alors possible de classer les espèces d'après la nature et l'intensité de leur pouvoir discriminant (Fig. 1).

Physa acuta, *Gyraulus albus* et *Armiger crista*, récoltés presque uniquement en milieu colmaté, jouent un rôle important dans la discrimination exprimée par le facteur F1. Les espèces



0
F2
a
0
F1
b
c
d
e
f

Hippeutis complanatus, Ferrissia wautieri et *Radix auricularia* se classent dans cette catégorie mais sont peu représentées dans les zones marginales de ces milieux.

Parmi les espèces des milieux non colmatés, la plus notoire est *Bathyomphalus contortus*. Les autres espèces peuvent se grouper en deux catégories et jouent un rôle dans la discrimination exprimée par le facteur F2 :

- celles des milieux non colmatés marginaux exondables avec surtout *Galba corvus* et quelques espèces typiques des biotopes semi aquatiques (*Euconulus fulvus, Vertigo antivertigo, Carychium tridentatum* et *C. minimum*).

- celles des milieux non colmatés, en zones profondes, principalement *Planorbis carinatus, Pisidium obtusale, Physa fontinalis*, et à un moindre degré les *Anisus* et les *Pisidium subtruncatum, milium, casertanum* et *nitidum*.

Enfin peuvent être éliminées, comme ayant un pouvoir discriminant nul, d'une part les espèces régulièrement réparties sur l'ensemble des relevés (*Bithynia tentaculata, Valvata cristata* et *Acroloxus lacustris*) et les espèces récoltées en nombre très faible.

Il est donc clair que la répartition de certaines espèces de Mollusques peut fournir des informations pertinentes sur quelques caractéristiques fonctionnelles du milieu. Utilisées comme un outil parmi d'autres, ces espèces pourraient donc contribuer à déterminer le stade d'évolution des anciens bras d'un fleuve.

Légendes des figures :

a : carte factorielle des 163 relevés. Le facteur F1 sépare les milieux colmatés (coordonnées négatives) des milieux non colmatés (coordonnées positives). Le facteur F2 sépare les milieux d'eau permanente (coordonnées négatives) des milieux exondables (coordonnées positives).

b : Carte des abondances de *Physa acuta*, espèce réoltée surtout en milieu colmaté.

c : Carte de *Bathyomphalus contortus*, espèce récoltée surtout en milieu non colmaté.

d : Carte de *Planorbis carinatus*, espèce récoltée surtout en milieu non colmaté d'eau permanente.

e : Carte de *Galba corvus*, espèce récoltée surtout en milieu non colmaté exondable.

f : Carte de *Bithynia tentaculata*, espèce récoltée dans tous les types de milieux.

<u>REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE.</u>

RICHARDOT-COULET, M., RICHOUX, Ph., et ROUX, C., 1983. Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français. 29 - Structure des peuplements de macro-invertébrés benthiques d'un ancien méandre. Archiv für Hydrobiologie, 96, 363-383.

******

Résumé de poster
Haliotis, 15, 1986
p. 379 à 380

ETUDE IMMUNOLOGIQUE DE L'HEMOCYANINE DE *SEPIA OFFICINALIS* L. DURANT LE DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE ET JUVENILE

par

Gretel WOLF*, Hilde JANSSENS*, Catherine DEWARUMEZ-HOUARD** et Walter DECLEIR*

* *Université d'Anvers (RUCA), Laboratoire de Biochimie et de Zoologie Générale, 171, Groenenborgerlaan, B-2020 Anvers, Belgique.*

** *Station Marine, 28 Avenue Foch, 62930 Wimereux, France.*

ABSTRACT.

The ontogenetic change of the respiratory pigments (pre-hemocyanins) is followed by immunological techniques from the embryonic Stage 21 till 150 d. old juveniles. At the end of embryonic development four pre-Hcns are present which are gradually replaced by one adult Hc ± 150 d. after hatching . The partly aerobic embryonic metabolism (Wolf et al. 1985) is very probably facilitated by the presence of these pre-Hcns.

RESUME.

L'évolution ontogénétique des pigments respiratoires (pré-hémocyanines) est suivie durant le développement embryonnaire et juvénile (du stade embryonnaire 21 jusqu'à 150 j. après l'éclosion grâce à des techniques immunologiques.

A la fin du développement embryonnaire quatre pré-Hcns sont présentes. Elles sont graduellement remplacées par la molécule adulte ± 150 j. après l'éclosion. La molécule adulte semble être déjà présente très tôt dans l'ontogénie embryonnaire. La présence des pré-Hcns dans l'embryon facilite vraisemblablement un métabolisme aérobie (Wolf et al. 1985).

INTRODUCTION.

Les études électrophorétiques de Decleir et al. (1971) ont démontré que le pigment respiratoire (hémocyanine) du Mollusque Céphalopode *Sepia officinalis* L change continuellement durant l'ontogénèse embryonnaire et juvénile avant d'aboutir dans la molécule adulte. *Sepia officinalis* montre déjà un métabolisme aérobie dès ou même avant le stade embryonnaire 21 (Lemaire, 1970, Wolf et al. 1985) grâce à la présence de ces pré-Hcns.

Dans les très jeunes stades embryonnaires, les Pré-Hcns sont formées par la membrane vitelline qui est supposée transformer le vitellus en protéines sanguines. En même temps les glandes branchiales qui ont un rapport direct avec la biosythèse d'hémocyanine deviennent actives.

Nous avons étudié l'ontogénie de ces pré-Hcns avec des techniques immunologiques.

MATERIEL ET METHODES.

Le matériel biologique (oeufs, embryons et jeunes de *Sepia officinalis*) a été récolté par, ou élevé (eau de mer courante, température ambiante de 5 à 19°C) en collaboration avec la Station Marine de Wimereux (France). Les procédures immunologiques sont appliquées selon les méthodes d'Axelson et al. (1973).

RESULTATS EXPERIMENTAUX.

La "Rocket immuno électrophorèse" des extraits d'embryon et de sac vitellin démontre que le nombre de pré-Hcns augmente chez l'embryon jusqu'à quatre au moment de l'éclosion. Ces quatre pré-Hcns sont encore présentes chez des jeunes individus de huit jours. De ces quatre pré-Hcns une seule évolue vers l'Hc adulte tandis que les trois autres ont complètement disparu chez les juvéniles de 150 j.

L'emploi des techniques immunologiques citées permet la détection des pré-Hcns dans des stades plus précoces que l'utilisation des techniques d'électrophorèse classiques. La molécule adulte semble être présente très tôt dans l'ontogénie embryonnaire. La présence de quatre pré-Hcns chez l'embryon, démontrée avec la technique électrophorétique (Decleir et al. 1971) est affirmée immunologiquement.

En ce qui concerne les juvéniles nous trouvons au maximum quatre pré-Hcns qui évoluent vers l'Hc adulte, tandis qu'avec l'électrophorèse, Decleir (1971) a trouvé jusqu'à sept protéines sanguines. Il n'est pas exclu que dans ce dernier cas certaines pré-Hcns se soient dissociées du fait de la technique utilisée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

AXELSON, N., J. KROLL and B. WEEKE, 1973. A manual of quantitative immunoelectrophoresis; Methods and applications. Universitetsforlaget, Oslo.

DECLEIR, W., J. LEMAIRE et A. RICHARD, 1971. The differentiation of blood proteins during ontogeny in *Sepia officinalis* L. *Comp.biochem. Physiol.* 40 B, 923 - 930.

LEMAIRE, J. 1970. Table de développement embryonnaire de *Sepia officinalis* L (Mollusque Céphalopode _. *Bull. Soc. Zool.France,* 95, 773 - 782

WOLF, G., E. VERHEYEN, A. VLAEMINCK, J. LEMAIRE and W. DECLEIR , 1985. Respiration of *Sepia officinalis* L during embryonic and juvenile ontogeny. *Marine Biology*, 90, 35-39.

******

Résumé de poster
Haliotis, 15, 1986
p. 381 à 382

LES PROTEINES NUCLEAIRES BASIQUES DU TESTICULE ET DU SPERMATOZOIDE DE LA SEICHE *SEPIA OFFICINALIS*

par

Danièle WOUTERS*, Annie MARTIN-PONTHIEU*, Pierre SAUTIERE* et Alain RICHARD**

*U.A. 409 CNRS, Institut de Recherches sur le Cancer,
Place de Verdun, 59045 LILLE (France)

** Station Marine, 28, Avenue Foch, 62930 WIMEREUX (France)

ABSTRACT : Basic nuclear proteins in the testis and spermatozoa of the cuttle-fish *Sepia officinalis*.

The chromatin in cuttle-fish testis, in addition to somatic type histones, has highly basic proteins which appear during spermatogenesis. They contain 50 to 60 % of arginine and 5 fractions, all phosphorylated, were isolated. Spermatozoa contain a major protein which is very rich in arginine (77 %).

MOTS-CLES : Chromatine, Histones, Protéines intermédiaires, Protamines, Spermatogenèse.

INTRODUCTION.

Au cours de la différenciation du spermatozoïde, l'organisation de la chromatine est profondément modifiée. D'abord organisée en "nucléosomes", elle se condense progressivement et devient compacte, homogène et sans structure apparente. Ces modifications se traduisent à l'échelle moléculaire par une disparition progressive des histones de type somatique et leur remplacement par des protéines plus basiques.

RESULTATS EXPERIMENTAUX.

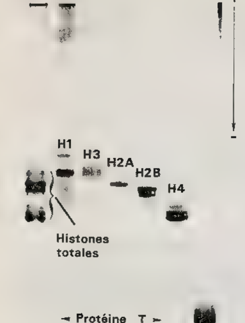
Chromatine du testicule.

Les histones du testicule de Seiche ont été isolées et caractérisées. Les histones H3 et H4 apparaissent très conservées. Elles présentent cependant des taux d'acétylation particulièrement élevés (25 à 35 % pour l'histone H4; WOUTERS et al., 1981). Par contre, les histones H2A (WOUTERS et al., 1982) et H2B montrent une variabilité structurale plus importante. En particulier, l'histone H2B est constituée d'au moins 3 variants qui traduisent une expression spécifique de gènes mis en route ou bloqués à divers stades de la différenciation.

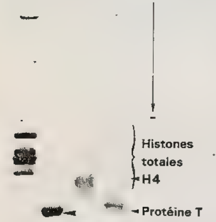
A côté de ces histones de type somatique, nous avons isolé du testicule une famille de protéines (protéines T), riches en arginine (50 à 60 %) dont la migration électrophorétique est intermédiaire entre celle de l'histone H4 (102 résidus) et celle de la protamine de Bélier (50 résidus).

Cinq fractions de migration cathodique croissante ont été séparées; elles sont toutes les cinq phosphorylées.

L'étude de la structure primaire de ces protéines montre une distribution asymétrique des résidus basiques : les résidus d'arginine sont accumulés dans les 2/3 C-terminaux de la molécule.



Electrophorèse en gel de polyacrylamide des protéines basiques du testicule de Seiche (milieu Urée 6,25 M)



Electrophorèse en gel de polyacrylamide des protéines spécifiques de la spermatogenèse (milieu Urée 2,5 M)

Chromatine du spermatozoïde.

Dans la chromatine du spermatozoïde, il ne subsiste plus d'histones, ni de protéines T. Une protéine basique majeure (protéine Sp), qui s'apparente aux protamines, a été extraite des noyaux du spermatozoïde. Sa migration électrophorétique est identique à celle de la protamine de Bélier. Elle ne renferme que 4 acides aminés constitutifs: sérine, proline, tyrosine et surtout 77 % d'arginine. Une protéine de composition voisine a été caractérisée par SUBIRANA et al. (1973) dans le spermatozoïde mûr de Calmar.

CONCLUSIONS

Le phénomène de maturation du spermatozoïde chez la Seiche (et sans doute chez les Céphalopodes) se déroule selon un processus caractéristique d' organismes évolués tels que les mammifères et certains Poissons. En effet, l'apparition des protamines est précédée, comme chez la Roussette (CHAUVIERE et al. 1983) et le Bélier, par un stade de transition caractérisé par la présence de protéines dites "intermédiaires".

Les premiers éléments de structure que nous avons obtenus sur la protéine T et sur la protéine Sp montrent une certaine analogie entre la séquence N-terminale de la protéine Sp et la partie C-terminale de la protéine T. Y a-t-il une filiation entre ces deux protéines ? La réponse à cette question sera apportée par la détermination complète de la séquence de ces 2 protéines et par l'étude du processus de maturation du spermatozoïde dans l'épididyme.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

CHAUVIERE, M., LAINE, B., SAUTIERE,P. and CHEVAILLIER,P., 1983. Purification and characterization of two basic spermatid-specific proteins isolated from the dog-fish *Scylliorhinus caniculus*. *FEBS Letters*,152 : 231-235.

SUBIRANA,J. A., COZCOLLUELA,C., PALAU,J. and UNZETA,M., 1973. Protamines and other basic proteins from spermatozoa of Molluscs. *Biochim.Biophys.Acta*,317 : 364-379.

WOUTERS-TYROU,D., MARTIN-PONTHIEU,A., SAUTIERE,P. and BISERTE, G., 1981. Acetylation of histone H4 in chicken erythrocyte and cuttle-fish testis chromatin. *FEBS Letters*,128 : 195-200.

WOUTERS-TYROU,D., MARTIN-PONTHIEU,A., BRIAND,G., SAUTIERE,P. and BISERTE,G., 1982. The amino acid sequence of histone H2A from cuttle-fish *Sepia officinalis*.*Eur.J.Biochem.*, 124 : 489-498.

******

DISCOURS DE CLOTURE du PRESIDENT de la SOCIETE FRANCAISE DE MALACOLOGIE

Chers Collègues et amis,

Le 6ème Congrès de la Société Française de Malacologie touche à sa fin. Il ne nous reste plus qu'une dernière épreuve, si je peux dire, c'est le banquet de clôture.

Le niveau scientifique a été, je le crois sincèrement, très bon, les communications claires ont été suivies de discussions souvent enrichissantes. L'intérêt qu'ont revêtu les communications a été quotidiennement confirmé par des prolongations de séances aussi inattendues que passionnantes. D'ailleurs, il paraît que je vous ai menés à un train d'enfer! Je m'en excuse, mais au moins vous ne vous êtes pas, ou du moins j'ose le croire, ennuyés un seul instant. Ce serait là une grande récompense pour moi. Je tiens, ici, à vous remercier tous, vous qui êtes présents et notamment nos collègues étrangers et ceux qui hélas n'ont pu nous consacrer que quelques jours et qui ont dû repartir. Merci d'être venus, merci d'avoir présenté des communications d'un excellent niveau scientifique. Mes excuses et celles de Jacques DAGUZAN vont aux auteurs de posters à qui nous avons mis le couteau sous la gorge et les sommant, ou presque, de présenter oralement leur poster. Ils s'en sont bien tirés et je pense que leur travail en a été valorisé. C'est une habitude qu'il faudra conserver. Le travail de conception d'un poster méritant au moins cette présentation minimale.

J'espère que votre séjour dans le Nord vous aura permis de connaître et d'apprécier cette région où le soleil s'il est dans le coeur des gens peut être aussi dans le ciel, contrairement à ce que dit le poète. Vous avez eu un exemple de tous les types de temps que notre région peut offrir et tout ça en une semaine ! Le syndicat d'initiative a bien fait son travail !

Je voudrais à nouveau remercier tous ceux qui nous ont aidés, c'est-à-dire :
Le Personnel technique de la Station Marine de Wimereux,
Le Personnel des Services Municipaux de Wimereux,
La Municipalité de Wimereux, Monsieur Bresson, Monsieur Lépine,
La Municipalité de Boulogne, Monsieur Lefebvre, Monsieur Lengagne,
Monsieur Célie, Photographe à Wimereux,
Le Centre de Développement Culturel du Boulonnais et Monsieur Thibaut,
La Mission du Centre de la Mer, Monsieur Valette,
L'Espace Naturel Régional,
Le Crédit Maritime de Boulogne,
L'Université des Sciences et Techniques de Lille,
L'IFREMER

Le Ministère de l'Education Nationale et la D.C.R.I.

Le Secrétariat d'Etat à la Mer et le FIAM,

La presse écrite régionale : la Voix du Nord et la Croix du Nord pour leurs articles parus ou à paraître,

La Société FR 3 Lille pour son reportage qui passera, j'espère, ce soir avant que vous soyez repartis,

Et enfin, je remercie le Comité d'organisation, le Professeur Alain RICHARD, Mireille PANNIER et surtout Catherine.

Un grand merci à tous.

******

COMITE DE LECTURE DE LA REVUE "HALIOTIS"

Le S.F.M. remercie les personnes qui ont accepté de faire partie du comité de lecture du volume 15 de "Haliotis".

****

AMIARD J.C.	- Université Nantes
ARNAUD P.	- Station Marine d'Endoume
BEUKEMA J.J.	- NIOZ, TEXEL, Pays Bas
BODOY A.	- IFREMER La Tremblade
BOLETZKI S. Von	- Laboratoire Arago Banyuls sur Mer
BOUCHET P.	- Muséum Paris
BRISSON P.	- Université Poitiers
CHAISEMARTIN M.	- Université Limoges
DAGUZAN J.	- Université Rennes
DEWARUMEZ J.M.	- Station Marine de Wimereux
FRONTIER S.	- Station Marine de Wimereux
GLEMAREC M.	- Université de Brest
GUELORGET O.	- Université Montpellier
HERAL M.	- IFREMER La Tremblade
HIS E.	- IFREMER Arcachon
LE GALL P.	- Université Caen
LE PENNEC M.	- Université Brest
LUBET P.	- Université Caen
LUCAS A.	- Université Brest
MAESTRINI S.	- CREMA L'Houmeau
MASSE H.	- Station Marine d'Endoume
METIVIER B.	- Muséum Paris
RICHARD A.	- Station Marine de Wimereux
RICHARD G.	- Muséum Paris
THOMASSIN B.	- Station Marine d'Endoume
TILLIER S.	- Muséum Paris
TARDY J.	- IUT La Rochelle
VICENTE N.	- Faculté St-Jérôme Marseille
VOVELLE J.	- Université Paris VI

